

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ Н.Ю. Логинов

« ____ » _____ 2017г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

профиль «Технологии, оборудование и автоматизация

машиностроительных производств»

Студент _____ Васильева Юлия Владиславовна _____ гр. _____ МСбз - 1202 _____

1. Тема «Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса колесного цилиндра заднего тормоза автомобиля Лада 4x4»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «09» июня 2017 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____ Материалы преддипломной практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Календарный план. Аннотация. Содержание.

Введение

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления и/или режущего инструмента

4) Безопасность и экологичность работы

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

5. Ориентировочный перечень графического материала (6-7 листов формата А1)

1) Деталь (с изменениями)	0,5 – 1
2) Заготовка	0,25 – 0,5
3) План обработки	1,5 – 2
4) Технологические наладки	1 – 2
5) Приспособление	1 – 1,5
6) Режущий инструмент	0,5 – 1
7) Презентация	0,5 – 1

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль _____ / _____

Безопасность и экологичность объекта _____ / _____

Экономическая эффективность работы _____ / _____

7. Дата выдачи задания «16» января 2017 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы		Л. А. Резников
	(подпись)	(И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению		Ю. В. Васильева
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

_____ Н.Ю. Логинов
(подпись)
« ____ » _____ 2017 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента _____ Васильева Юлия Владиславовна _____

По теме «Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса колесного цилиндра заднего тормоза автомобиля Лада 4x4»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение. Описание исходных данных.	30.01.17	30.01.17	Выполнено	
Технологическая часть.	20.02.17	20.02.17	Выполнено	
Проектирование инструмента и приспособления.	27.03.17	27.03.17	Выполнено	
Безопасность и экологичность работы	17.04.14	17.04.14	Выполнено	
Экономическая эффективность работы.	10.05.17	10.05.17	Выполнено	
Заключение. Приложения.	22.05.17	22.05.17	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

_____ Л. А. Резников
(подпись) (И.О. Фамилия)
_____ Ю. В. Васильева
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Васильева, Ю. В. Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса колесного цилиндра заднего тормоза автомобиля Лада 4x4.

Бакалаврская работа /Тольятти: ТГУ, 2017-59 с.

В состав расчетно-пояснительной записки входит 13 таблиц, 7 рисунков. Графическая часть включает в себя 8 листов формата А1 и 1 лист формата А2.

Целью выпускной работы является совершенствование технологии производства тормозного цилиндра.

На основе материалов преддипломной практики, были выявлены определенные недостатки, связанные с получением заготовки и изготовлением детали. В данной работе подобран прогрессивный и современный метод получения заготовки из серого чугуна. Так же разработан новый маршрут механической обработки изделия. Разработан специальный инструмент, позволяющий достигнуть, необходимую шероховатость, и подобрано приспособление для контроля внутреннего диаметра.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Описание исходных данных.....	8
1.1 Служебное назначение узла и детали.....	8
2. Технологическая часть.....	10
2.1 Анализ действующего технологического процесса.....	10
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.3 Разработка технологии изготовления детали.....	12
2.4 Расчет припусков на обработку.....	19
2.5 Расчет режимов резания.....	21
3. Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	32
3.1 Проектирование режущего инструмента.....	32
3.2 Проектирование приспособления.....	33
4. Безопасность и экологичность работы.....	45
5. Экономическая эффективность работы.....	54
Заключение.....	57
Список используемой литературы.....	58
Приложения: технологическая документация	

ВВЕДЕНИЕ

За последние два десятилетия машиностроение стало одним из основных направлений технического прогресса. Задача общества – увеличение эффективности производства.

Условия научно-технического прогресса – это улучшение качества, выпускаемых изделий, и повышение производительности труда. Технология изготовления деталей машин имеет большое значение и влияет на такие факторы как надежность, качество, экономичность и так далее. Требования к эксплуатационным свойствам детали постоянно растут. В связи с этим необходимо применение прогрессивных методов обработки поверхностей изделий, обеспечивающих большую точность и качество продукции.

Производство автомобилей имеет большое значение для нашего города. Большинство предприятий является поставщиками различных деталей и узлов для производства автомобилей. Именно поэтому, темой данной работы стало совершенствование корпусной детали, входящей в состав тормозной системы. Переоценить значение тормозной системы для авто трудно. Эффективность автомобильной тормозной системы очень важна с точки зрения безопасности транспортных средств и пешеходов. Автомобильные тормоза должны быть эффективными на различных дорожных покрытиях, при любых погодных условиях. Поскольку тормоза работают по принципу трения, следует также учитывать влияние тепла на эффективность торможения. Влажная поверхность или наличие воды отрицательно влияют на работу тормозной системы. Чтобы автомобиль был пригоден к эксплуатации, следует учесть немало различных факторов. В этой работе разработан более совершенный технологический процесс изготовления корпуса цилиндра заднего тормоза для автомобиля Лада 4x4.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Служебное назначение узла и детали

Задний барабанный тормоз работает по тому же принципу, что и дисковые тормоза: колодка прижимается к вращающейся поверхности. В этой системе эта поверхность называется барабаном.

Многие автомобили имеют барабанные тормоза на задних колесах и дисковые тормоза спереди. Барабанные тормоза имеют больше деталей, чем дисковые, и их труднее обслуживать, но они дешевле в изготовлении, и они легко включают механизм аварийного торможения.

Как функционируют барабанные тормоза:

Тормоза должны срабатывать мгновенно. Когда водитель нажимает на педаль, поршень внутри главного тормозного цилиндра оказывает давление на гидравлическую жидкость, которая затем создает давление в цилиндре колеса и прижимает колодки к барабану. Чем сильнее водитель нажимает на педаль, тем больше будет давление внутри тормозных линий, и тем больше колодка будет нажимать на барабан. Расстояние, на которое перемещается колодка, невелико, и возвратные пружины должны оттягивать их назад от барабана, как только водитель отпускает педаль.

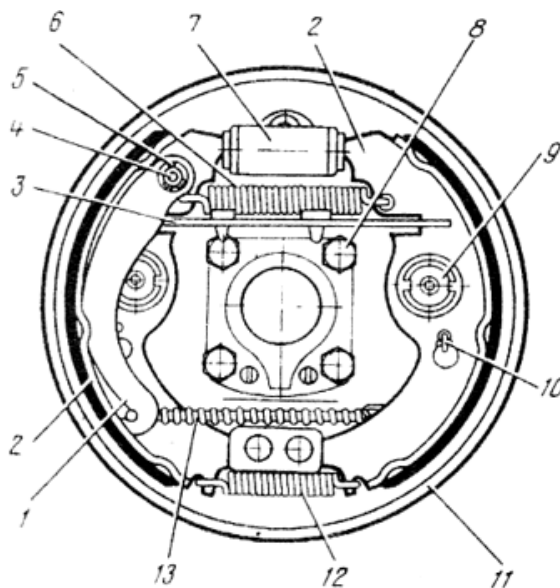


Рисунок 1.1.1 Барабанный тормоз

Тормозной механизм заднего колеса: 1 - рычаг ручного привода тормозных колодок; 2 – тормозные колодки; 3 – распорная планка; 4 – палец; 5 – шплинт; 6 – верхняя стяжная пружина; 7 – колесный цилиндр; 8 – гайка крепления щита тормоза; 9 – устройство для автоматического регулирования зазора между колодками и барабаном; 10 – направляющая пружина; 11 – щит тормоза; 12 – нижняя стяжная пружина; 13 – конец троса стояночного тормоза.

Исследуемая деталь – корпус колесного цилиндра заднего тормоза.

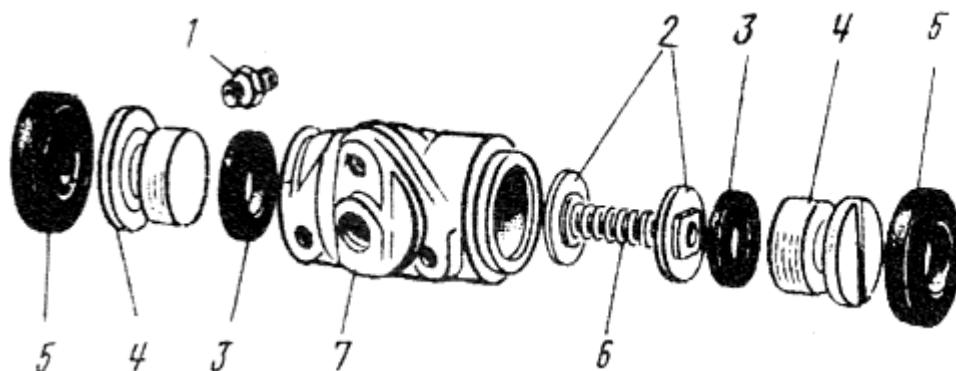


Рисунок 1.1.2 Тормозной цилиндр

В представленный на рисунке 1.1.2 узел входит: 1 – спускной клапан; 2 – упорная шайба; 3- уплотнительное кольцо; 4 – поршень с запрессованным толкателем; 5 – грязезащитный чехол; 6 – распорная пружина; 7 – цилиндр.

Колесный цилиндр содержит два поршня, по одному с каждой стороны цилиндра, для работы тормозных колодок. Давление, создаваемое в цилиндре, действует на поршень, который толкает тормозные колодки к барабану, замедляя или останавливая автомобиль. Для каждого колеса требуется один цилиндр.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ действующего технологического процесса

Деталь, исследуемая в данной работе, относится к корпусным деталям. На производстве, которое занимается изготовлением этой продукции, до сих пор получают заготовку литьем в песчаные формы. На мой взгляд, этот метод устарел, к тому же, количество брака не оправдывает низкую стоимость данного метода. В среднем, в год на производстве бракуют от 50000 отливок. Как правило, при литье в песчаные формы, с использованием стержня, образуются газовые камеры на поверхности, которая в процессе механической обработки должна получиться самой точной.

Ко всему вышеперечисленному, можно добавить станки, которые используются на предприятии уже достаточно длительное время. Оборудование занимает большие производственные площади и имеет невысокую производительность. Замена действующего станочного парка на более современные агрегатные станки, благоприятно отразится на финансовом благополучии предприятия. К тому же сокращение оборудования способствует оптимизации численности рабочих.

2.2 Выбор метода получения заготовки.

При изготовлении цилиндра используют серый чугун. Данный материал не только обладает свойствами, необходимыми для работы узла в данных условиях, а также является экономически выгодным для производства. Изделия из чугуна обычно получают литьем в земляные формы. Несмотря, на то, что наружная конфигурация детали, при таком методе получения заготовки, не вызывает трудностей, есть смысл использовать внутренние стержни. Они позволяют формировать внутренние полости и, в рамках данного производства, сократить затраты на материал.

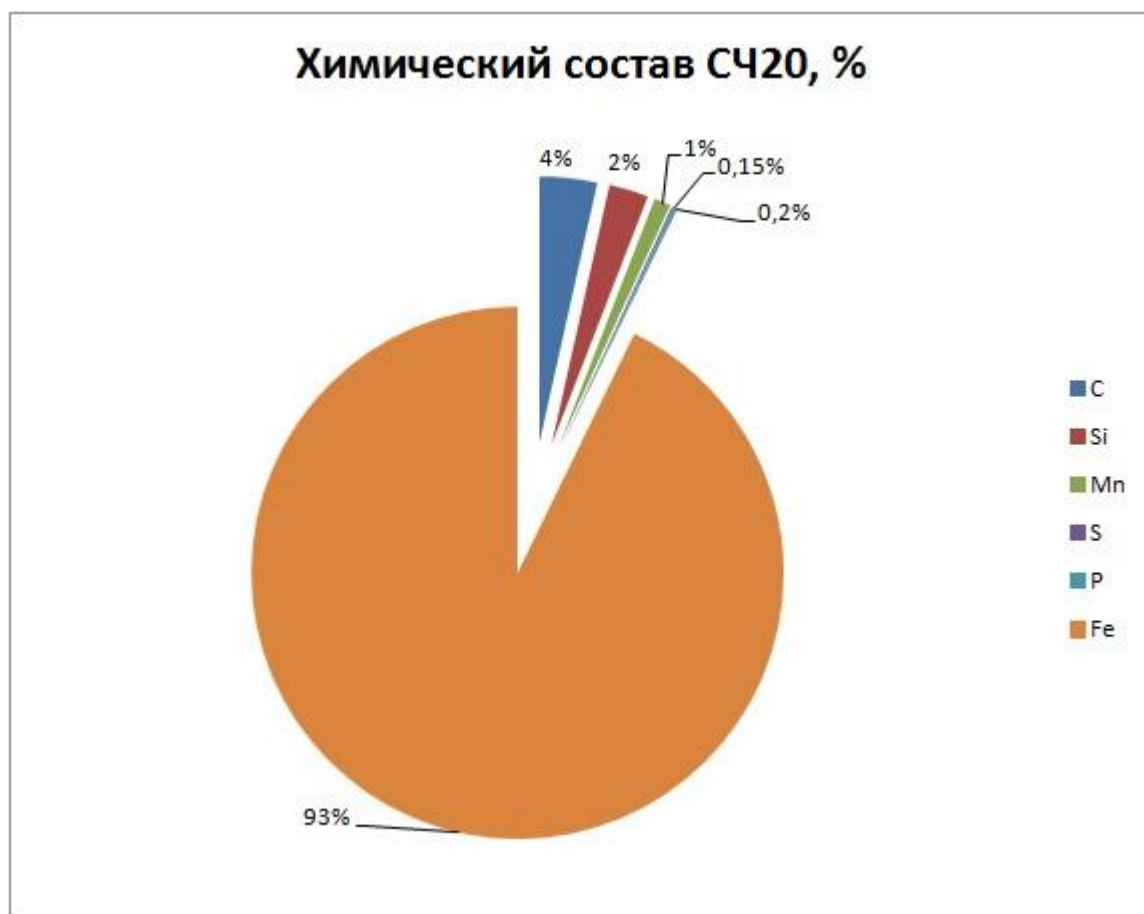


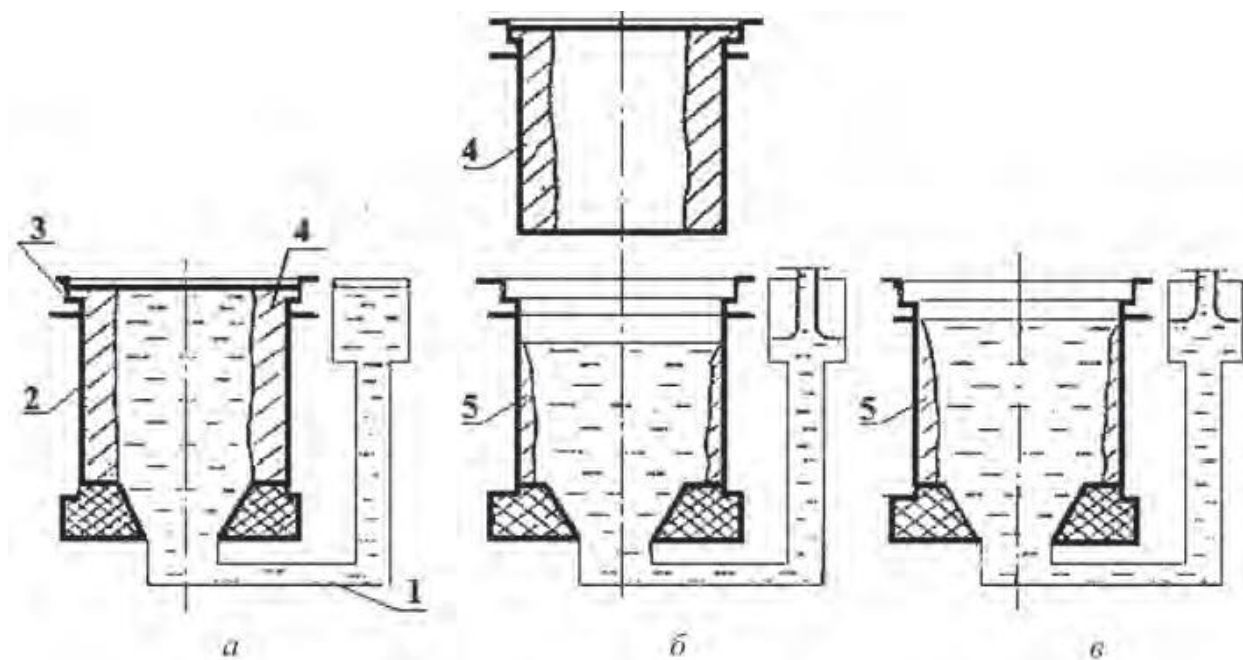
Рисунок 2.2.1 Химический состав СЧ20

Главной проблемой производства тормозных цилиндров на сегодняшний день является низкое качество заготовок. Во время процесса литья чугуна в песчаные формы, образуются газовые и усадочные раковины и прочие дефекты, сопутствующие данному методу. Предлагается изменение метода получения заготовки из серого чугуна.

Принцип направленности затвердевания металл, навел разработчиков белорусского института металлов, на разработку новой техники литья. Новый принцип подходит для литья цилиндрических изделий без использования стержня [1].

Жидкий металл, в моем случае это чугун, через литниковую систему 1 подают в полость водоохлаждаемой формы, состоящей из стационарного 2 и подвижного 3 кристаллизаторов. Когда форма заполнена, металл должен остыть, чтобы сформировалась необходимая толщина (рис. 2.2.2, а). Далее

отливку 4 подвижным кристаллизатором 3 извлекают из расплава и стационарного кристаллизатора (рис. 2.2.2, б). После удаления отливки из подвижного кристаллизатора, он опять устанавливается в исходное положение, в форму подают новую порцию чугуна и намораживают следующую отливку 5 (рис. 2.2.2, в). Цикл повторяется [2].



1 – литниковая система; 2 – стационарный кристаллизатор; 3 – подвижный кристаллизатор; 4 – готовая отливка; 5 – формирующаяся отливка

Рисунок 2.2.2 Схема литья полых заготовок намораживанием без использования стержня

При использовании вышеизложенного метода, внутреннее сквозное отверстие получается из расплава и зависит от того, как быстро будет происходить затвердевание материала. Этот метод привлек мое внимание именно потому, что не использует стержни, а значит, образование пор и раковин при таком литье, практически невозможно. Наружная конфигурация отливки не вызывает сложностей, для нее изготавливается специальная металлическая форма, которая в процессе охлаждается водой и способствует охлаждению чугуна. При налаженном производстве уже посчитано время затвердевания металла и изделия извлекают уже с заданным периодом.

Еще одно преимущество данного метода являются свойства, которые приобретает металл. Когда готовую отливку извлекают из оборудования, то

наружная поверхность имеет температуру 900–1150 °С, а внутренняя - солидуса. Это способствует снижению термических напряжений в отливке. Данный метод позволяет снизить расход энергии, либо вообще обходиться без нее. Температуры, которая исходит от самих отливок, зачастую хватает, чтобы обойтись без внешних источников энергии.

Подведем итог и перечислим основные плюсы изложенного метода:

- данный метод, за счет отказа от использования стержня позволяет избежать высокого процента брака отливок, таких как усадочные и газовые поры, раковины, неметаллические включения и т. п.;
- возможность управления процессом образования структуры чугуна вне формы, за счет температуры которая после извлечения изделия выше 900 °С;
- Данный метод также позволяет избежать брак по горячим трещинам и препятствует возникновению;
- обеспечивает высокую производительность работы и непрерывное получение чугунных заготовок.

Таким образом, метод НЦЛН обеспечивает получение заготовок с плотной структурой, заданной конфигурацией и повышенными механическими свойствами. При этом производительность данного процесса равна приблизительно 120 шт./ч.

Для работы разработанного метода литья полых заготовок был создан комплекс специального оборудования и технологической оснастки [3]. Характеристики литейной машины с возвратно-вращательным перемещением рабочего органа представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1- Технические характеристики машины НЦЛН.

Размеры отливок	наружный диаметр: 70 – 220мм высота : 100–125мм толщина стенки: 10– 30мм
-----------------	--

Продолжение таблицы 2.2.1

Производительность	60 – 180шт / ч
Расход оборотный охлаждающей воды	20м ³ / ч
Привод	Пневматический
Рабочее давление воздуха	0,5МПа
Расход воздуха	100лм ³ / ч
Система управления	Электрическая
Масса	1500кг
Габаритные размеры машины, мм	1000×1500× 2000

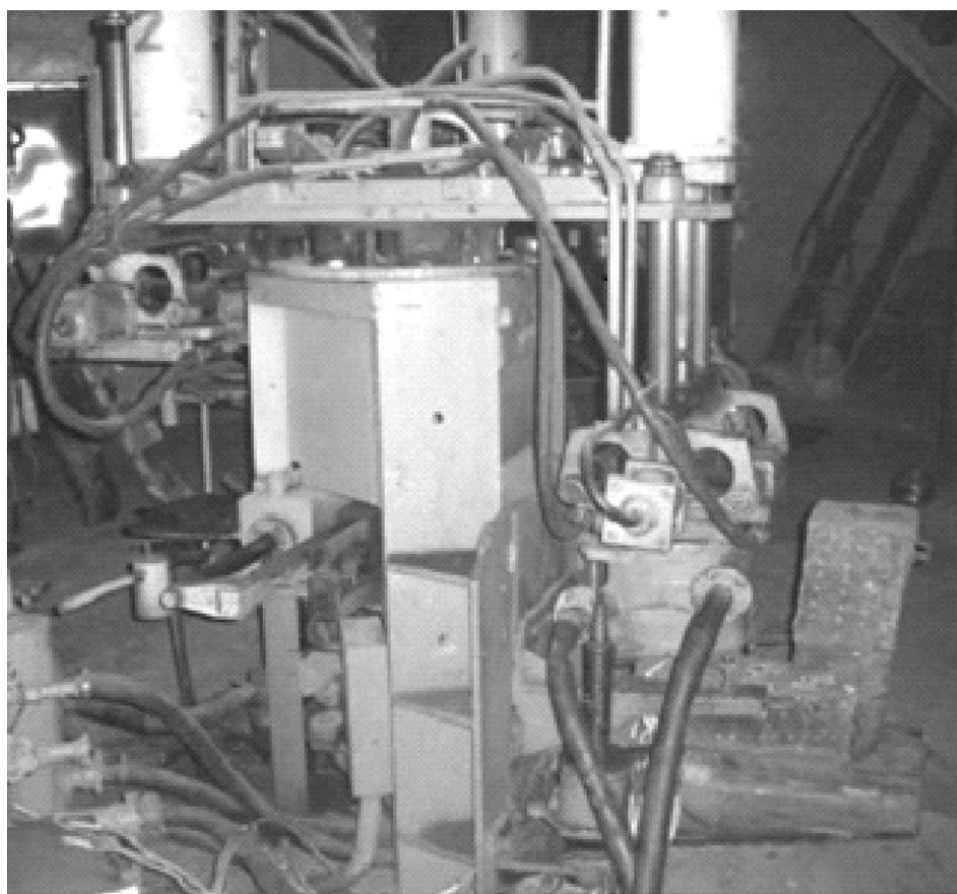


Рисунок 2.2.3 Общий вид машины НЦЛН.

Разработанный технологический процесс получения заготовки обеспечивает:

- значительное повышение комплекса механических свойств материала отливок и ресурса работы деталей;
- получение заготовок с заданной структурой без дополнительной термической обработки;
- высокую производительность процесса литья;
- получение заготовок заданной длины без операции резки в условиях непрерывного литья;
- улучшение экологической обстановки.

2.3 Разработка технологии изготовления детали

При разработке технологии производства, выбранной мной детали, было принято решение об объединении некоторых операций. При выборе оборудования, руководствуясь годовой программой выпуска, выбраны станки, в большей степени универсальные. В основу легли уже имеющиеся у предприятия станки и оборудование. Так как производство выпускает большое количество разнообразных изделий, я посчитала, что выбор дорогостоящего агрегатного станка нецелесообразен. Поскольку производство корпуса цилиндра относится к среднесерийному, то коэффициент загрузки оборудования слишком мал, а универсальные обрабатывающие центры, занимают большие производственные площади.

Ниже приведен предлагаемый технологический процесс изготовления тормозного цилиндра.

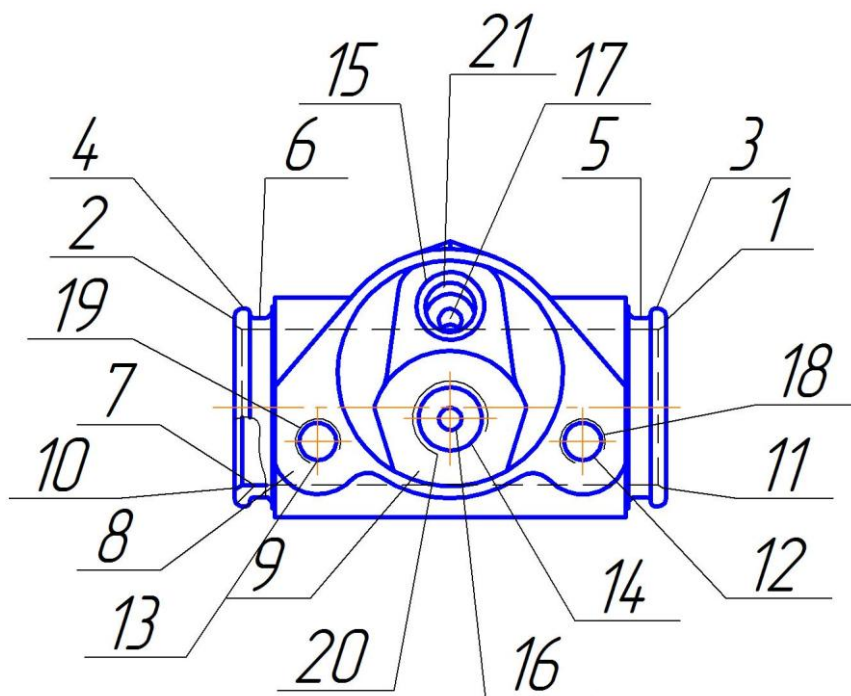


Рисунок 2.3.1 – Обозначение обрабатываемых поверхностей.

В таблице 2.3.1, описаны все операции и переходы, а более подробный маршрут обработки представлен в графической части с изображением операционных эскизов.

Таблица 2.3.1- Описание технологического маршрута

Операция	Описание	Оснащение	Режимы резания
005 Токарная	Точить поверхность 8 в размер 30,7 мм, на глубину 0,7 мм. Точить поверхность 9 в размер 21,5 мм, на глубину 0,7мм.	Торцевая фреза ISO 2P160- 1200NA H10F	$V = 565 м / мин$ $n = 1500 об / мин$
010 Токарная	Точить торцы 1 и 2 на глубину 1,0 мм.	Торцевая фреза ISO 2P160- 1200NA H10F	$V = 540 м / мин$ $n = 1250 об / мин$

Продолжение таблицы 2.3.1

Операция	Описание	Оснащение	Режимы резания
015 Токарная	1. Точить поверхность 3 и 4 до диаметра 26,2 мм 2. Нарезать канавку 6 и 5 на глубину 1,2 мм.	Торцевая фреза ISO 2P160-1200GA H10F Пластина канавочная ISO MB-09G315-02-14L H10F	1. $V = 400 \text{ м / мин}$ $s = 0,3 \text{ мм / об}$ $n = 2540 \text{ об / мин}$ 2. $V = 483 \text{ м / мин}$ $s = 0,4 \text{ мм / об}$ $n = 600 \text{ об / мин}$
020 Сверлильная	1. Сверлить отверстия 12 и 13 диаметром 5,1 мм, глубина 9,5 мм. 2. Сверлить отверстие 14 диаметром 8,6 на глубину 11,5 мм. 3. Сверлить отверстие 15 диаметром 8,6 на глубину 11,5 мм.	Сверло ISO 863.1-0510-030A1 H10F 5,1 мм Сверло ISO 863.1-0861-045A1 H10F 8,6 мм	1. $V = 120 \text{ м / мин}$ $s = 0,2 \text{ мм / об}$ $n = 5500 \text{ об / мин}$ 2. $V = 156 \text{ м / мин}$ $s = 0,2 \text{ мм / об}$ $n = 6000 \text{ об / мин}$
025 Сверлильная	1. Сверлить отверстие 16 $\varnothing 3$ мм на глубину 8,5 мм. 2. Сверлить отверстие 17 $\varnothing 3$ мм на глубину 11,5 мм.	Сверло ISO 863.1-0310-020A1 H10F 3 мм	$V = 12,8 \text{ м / мин}$ $s = 1,5 \text{ мм / об}$ $n = 1358,8 \text{ об / мин}$

Продолжение таблицы 2.3.1

Операция	Описание	Оснащение	Режимы резания
030 Резбонарезная	<p>1. Нарезать резьбу М6-6Н в отверстиях 18 и 19 на глубину 6,5 мм</p> <p>2. Нарезать резьбу М10х1,25 в отверстии 20 на глубину 11,5 мм.</p> <p>3. Нарезать резьбу М10х1,25 в отверстии 21 на глубину 11,5мм.</p>	<p>Метчик М6-Н6 ISO E096M6</p> <p>Метчик М10х1,25 ISO E096M10</p>	<p>1. $V = 102 м / мин$ $s = 0,5 мм / об$ $n = 5500 об / мин$</p> <p>2. $V = 100 м / мин$ $s = 0,6 мм / об$ $n = 1550 об / мин$</p>
035 Расточная	<p>1. Расточка отверстия 7 до диаметра 20,5мм.</p> <p>2. Развертка отверстия 7 до диаметра 20,6мм.</p> <p>3. Точение фаски 1х30 □ на поверхности 10 и 11.</p> <p>4. Раскатка отверстия 7 до диаметра 20,64мм.</p>	<p>Расточная оправка 9XC ISO 40 DIN69871</p> <p>Развертка диаметром 20,5мм ISO 435.T-2050A1- XF H10F</p> <p>Ромбические пластины ISO CNMP 12 04 08 H10F</p> <p>Раскатка диаметром 20,64 мм.</p>	<p>1. $V = 200,4 м / мин$ $s = 0,3 мм / об$ $n = 3103,4 об / мин$</p> <p>2. $V = 6,7 м / мин$ $s = 2,7 мм / об$ $n = 103,6 об / мин$</p> <p>3. $V = 286 м / мин$ $s = 0,03 мм / об$ $n = 1020 об / мин$</p> <p>4. $V = 60 м / мин$ $s = 0,03 мм / об$ $n = 925,7 об / мин$</p>

Продолжение таблицы 2.3.1

Операция	Описание	Оснащение	Режимы резания
040 Моечная	Помыть готовое изделие	Моечная машина	-

2.4 Расчет припусков на обработку

В корпусе тормозного цилиндра имеется сквозное отверстие, оно и является самой точной поверхностью, к которой предъявляются самые строгие технические требования. Именно поэтому для расчета припусков на обработку был выбран этот диаметр. Размер внутреннего отверстия равен 20,64 мм.

Для начала, необходимо рассчитать значение минимального припуска после операций. Определить его можно по формуле:

$$2Z_{i\min} = 2 \left(R_Z^{i-1} + h^{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (2.4.1)$$

где R_Z^{i-1} , h^{i-1} - высота неровностей и дефектный слой;

Δ_{i-1} - сумма значений пространственных отклонений;

ε_{yi} - погрешность установки. Этот параметр равен 0,005 мм.

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left(5 + 30 + \sqrt{43,5^2 + 90^2} \right) = 0,310\text{мм};$$

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left(0 + 15 + \sqrt{26,5^2 + 5^2} \right) = 0,104\text{мм};$$

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left(2 + 10 + \sqrt{7^2 + 3^2} \right) = 0,0416\text{мм};$$

Далее произведем расчет размеров для каждой операции.

$$D_{Pi} = D_{i\max} - 2Z_{i\min}, \quad (2.4.2)$$

$$D_{P4} = 20,64\text{мм};$$

$$D_{P3} = D_{P4} - 2Z_{4\min} = 20,64 - 0,041 = 20,604\text{мм};$$

$$D_{P2} = D_{P3} - 2Z_{3\min} = 20,604 - 0,104 = 20,5\text{мм};$$

$$D_{P1} = D_{P2} - 2Z_{2\min} = 20,5 - 0,310 = 20,19\text{мм};$$

Таблица 2.4.1- Расчет припусков, операционных размеров и размеров заготовки

Наименование переходов	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, мм			Допуск, мм	Предельные размеры, мм		
	Rz	h	$\Delta\varepsilon$	e_y	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{cp}$		D_{\max}	D_{\min}	D_{cp}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Отливка	25	30	43, 5	-	-	-	-	0,8	20,1 90	19, 39 0	19 ,7 9
Токарная	10	15	26, 5	90	0,60 8	0,31	0,45 9	0,5	20,5	20	20 ,2 5
Расточная	3, 2	10	7	5	0,50 4	0,10 4	0,30 4	0,1	20,6 04	20, 50 4	20 ,5 54
Раскатная	1, 28	4	-	3	0,13 5	0,04 1	0,88	0,006	20,6 45	20, 63 9	20 ,6 42

Диаметр отверстия в отливке равен 19,5 мм.

Максимальные предельные размеры округляется с точностью, определяемой допуском, в сторону увеличения массы[7]. Исходя из этого, получаем:

$$\begin{aligned} D_{1\max} &\approx 20,19\text{мм}; \\ D_{2\max} &\approx 20,5\text{мм}; \\ D_{3\max} &\approx 20,64\text{мм}; \\ D_{4\max} &\approx 20,645\text{мм}; \end{aligned}$$

Минимальные предельные размеры определим по формуле (2.4.3):

$$D_{i\min} = D_{i\max} - TD_i, \quad (2.4.3)$$

$$\begin{aligned} D_{1\min} &= D_{1\max} - TD_1 = 20,19 - 0,8 = 19,39\text{мм}; \\ D_{2\min} &= D_{2\max} - TD_2 = 20,5 - 0,5 = 20\text{мм}; \\ D_{3\min} &= D_{3\max} - TD_3 = 20,604 - 0,1 = 20,504\text{мм}; \\ D_{4\min} &= D_{4\max} - TD_4 = 20,645 - 0,006 = 19,39\text{мм}; \end{aligned}$$

Теперь нужно рассчитать максимальное значение припусков.

$$2Z_{i\max} = Z_{i\min} + TD_i - TD_{i-1n}, \quad (2.4.4)$$

$$\begin{aligned} 2Z_{4\max} &= 0,041 - 0,006 + 0,1 = 0,135\text{мм}; \\ 2Z_{3\max} &= 0,104 - 0,1 + 0,5 = 0,504\text{мм}; \\ 2Z_{2\max} &= 0,31 - 0,5 + 0,8 = 0,6\text{мм}; \end{aligned}$$

По формуле (2.3.5) определим общий номинальный припуск:

$$Z_{0ном} = Z_{0\min} + B_3 + B_d, \quad (2.4.5)$$

где $Z_{0\min}$ - общий минимальный припуск, равный 0,5 мм;

B_3 - верхнее предельное отклонение заготовки;

B_d - верхнее предельное отклонение детали.

Подставив все значения в формулу (2.4.5) получаем:

$$Z_{0ном} = 0,5 + 0,5 + 0,05 = 1,05\text{мм}$$

2.5 Режимы резания

Расчет режимов резания – важная составляющая при разработке технологического процесса. Параметры, полученные при расчетах, влияют на различные показатели производства. Так, например, скорость резания оказывает влияние на качество поверхности. Зависимость между стойкостью инструмента, подачей, геометрическими и другими параметрами имеет особое значение. Существует несколько методов расчета режимов резания, но для некоторых операций будет проведен аналитический расчет всех, учитываемых при обработке параметров.

Расчет режимов резания для операции 025 сверлильная.

Во время данной операции происходит сверление отверстия 16 диаметром 3мм, а также сверление отверстия 17, диаметр которого, так же разен 3мм. Глубина отверстий не превышает допустимых значений, поэтому отверстие не считается глубоким.

В качестве инструмента используется сверло ISO 863.1-0300-030A1-N10F диаметром 3мм.

Ниже приведены расчеты для обработки отверстия 16.

Определяем глубину резания. Так как отверстия в отливке в этом месте не подразумевается, нужно сверлить его с самого начала.

$$t = 0,5D; \quad (2.5.1)$$

где D – диаметр отверстия.

$$t = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мм.}$$

После того, как мы определились с глубиной резания, необходимо назначить подачу. Для обработки сверлением подача определяется на оборот инструмента, так же, величину подачи необходимо согласовать с паспортными данными станка. Назначаем подачу по таблице, приведенной в справочнике машиностроителя. Для серого чугуна с твердостью 165НВ и диаметром сверла 3 мм, подача равна 1,5 мм/об.

$$s = 1,5 \text{ мм / об.}$$

Далее определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (2.5.2)$$

Коэффициенты, входящие в состав формулы для расчета скорости резания определяем по справочникам. K_v - поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия резания [5].

$$K_v = K_{MV} K_{IV} K_{iV}, \quad (2.5.3)$$

где K_{MV} - коэффициент на обрабатываемый материал, который равен

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{165} \right)^{1,3} = 1,2.$$

K_{IV} - коэффициент на материал инструмента равный 1,0.

K_{iV} - коэффициент, принимающий во внимание глубину сверления. По таблице, он равен 1,0.

$$K_v = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$$

Период стойкости для сверла $T = 20 \text{ мин.}$

$$v = \frac{14,7 \cdot 3^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 1,5^{0,55}} \cdot 1,2 = 12,8 \text{ м / мин}$$

Расчет частоты вращения производится по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (2.5.4)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 12,8}{\pi \cdot 3} = 1358,8 \text{ об / мин.}$$

Перейдем к определению крутящего момента и осевой силы.

$$M_{kp} = 10 C_M D^q S^y K_p, \quad (2.5.5)$$

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p, \quad (2.5.6)$$

Значения коэффициентов для данных формул определяются по таблицам.

K_p - коэффициент, который зависит только от материала заготовки и определяется выражением [5] $K_p = K_{mp} \cdot K_p = 0,9$.

$$M_{кр} = 0,21 \cdot 3^{2,0} \cdot 1,5^{0,8} \cdot 0,9 = 2,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 42,7 \cdot 3^{1,0} \cdot 1,5^{0,8} \cdot 0,9 = 159,5 \text{ Н}.$$

Теперь определим мощность резания.

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750}, \quad (2.5.7)$$

$$N_e = \frac{2,4 \cdot 1358,8}{9750} = 0,3 \text{ кВт}.$$

Рассчитаем норму времени на переход.

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{об} + T_{пер}, \quad (2.5.8)$$

где T_o - время основное, мин; $T_{об}$ - время на обслуживание, мин; $T_{пер}$ - время на перерыв, мин.

Основное время вычисляем по формуле:

$$T_o = \frac{L_{р.х}}{S_o \cdot n_o}, \quad (2.5.9)$$

где $L_{р.х}$ - длина рабочего хода инструмента, мм; S_o - действительная подача, мм; n_o - частота вращения действительная, мм/об.

$$T_o = \frac{5,5}{1,5 \cdot 1358,8} = 0,003 \text{ мин}.$$

Вспомогательное время:

$$T_B = 0,2 \cdot T_o, \quad (2.5.10)$$

$$T_B = 0,2 \cdot 0,003 = 0,0006 \text{ мин}$$

Время на обслуживание находим по формуле:

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (T_O + T_B), \quad (2.5.11)$$

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (0,003 + 0,0006) = 0,000216 \text{ мин.}$$

Время на перерывы:

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (T_O + T_B), \quad (2.5.12)$$

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (0,003 + 0,0006) = 0,00009 \text{ мин.}$$

$$T_{ШТ} = 0,003 + 0,0006 + 0,000216 + 0,00009 = 0,003906 \text{ мин.}$$

Теперь необходимо рассчитать режимы резания для отверстия 16. Так как диаметр требуемого отверстия равен 3 мм и используется то же самое сверло, предыдущие расчеты всех параметров резания будут совпадать. Для данного перехода будем определять только нормы времени.

$$T_O = \frac{8,5}{1,5 \cdot 1358,8} = 0,004 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,2 \cdot 0,004 = 0,0008 \text{ мин}$$

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (0,004 + 0,0008) = 0,000288 \text{ мин.}$$

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (0,004 + 0,0008) = 0,00012 \text{ мин}$$

$$T_{ШТ} = 0,004 + 0,0008 + 0,000288 + 0,00012 = 0,005208 \text{ мин.}$$

Теперь суммируем штучное время для двух переходов и получим общее время для данной операции.

$$T = 0,005208 + 0,003906 = 0,009114 \text{ мин (0,6 сек)}$$

В графической части работы разработана технологическая наладка для данной операции на формате А1.

Расчет режимов резания для операции 035 расточная.

Данная операция включает в себя 4 перехода, во время которых происходит обработка внутреннего диаметра и точится фаска. На первом переходе осуществляется расточка 7 поверхности специальной расточной оправкой 9XC ISO 40 DIN69871 до диаметра 20,5 мм. Второй переход

включает в себя обработку той же поверхности разверткой диаметром 20,5 мм ISO 435.T-2050A1-XF H10F, достигается диаметр отверстия равный 20,6 мм. Переход номер три подразумевает образование фасок 11 и 10, с помощью сменных ромбических пластин ISO CNMP 12 04 08 H10F. А на заключительном четвертом переходе происходит финальная обработка поверхности 7 роликовой раскаткой диаметром 20,64.

Расчет режимов резания для перехода 1.

Глубина резания для растачивания рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (2.5.13)$$

где D - диаметр, который необходимо получить после обработки, мм; d - диаметр отверстия в заготовке, мм.

$$t = \frac{20,5 - 19,5}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Назначаем подачу s для черновой обработки растачиванием.

$$s = 0,3 \text{ мм/об.}$$

Для расчета скорости резания обратимся к эмпирической формуле для растачивания.

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \quad (2.5.14)$$

Среднее значение стойкости инструмента $T = 30 \text{ мин.}$

Значение коэффициентов и показателей степени определяем по таблицам:

$$C_v = 292$$

$$x = 0,15$$

$$y = 0,20$$

$$m = 0,20$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,96.$$

$$v = \frac{292}{30^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,96 = 200,4 \text{ м / мин}$$

Определим силу резания:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (2.5.15)$$

Постоянная C_p и показатели степени x, y, n для данных условий обработки определяем по таблицам.

Для тангенциальной P_z :

$$C_p = 92$$

$$x = 1,0$$

$$y = 0,75$$

$$n = 0$$

Для радиальной P_y :

$$C_p = 54$$

$$x = 0,9$$

$$y = 0,75$$

$$n = 0$$

Для осевой P_x :

$$C_p = 46$$

$$x = 1,0$$

$$y = 0,4$$

$$n = 0$$

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\eta p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.5.16)$$

$$K_p = 0,8 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,86$$

Подставив значения в формулу, получаем:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 200,4^0 \cdot 0,86 = 160,4H$$

$$P_y = 10 \cdot 54 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 200,4^0 \cdot 0,86 = 100,9H$$

$$P_x = 10 \cdot 46 \cdot 0,5^1 \cdot 0,3^{0,4} \cdot 200,4^0 \cdot 0,86 = 122,2H$$

Переходим к расчету мощности резания.

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \quad (2.5.17)$$

$$N = \frac{160,4 \cdot 200,4}{1020 \cdot 60} = 0,53кВт.$$

Расчет режимов резания для перехода номер 2 делаем по принципу расчета режимов резания для сверления.

Глубина резания:

$$t = 0,5(D - d), \quad (2.5.18)$$

$$t = 0,5(20,6 - 20,5) = 0,05мм.$$

Назначаем подачу:

$$s = 2,7мм/об.$$

Для расчета скорости резания при развертывании используем формулу:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_v, \quad (2.5.19)$$

$$v = \frac{15,6 \cdot 20,6^{0,2}}{120^{0,3} \cdot 0,05^{0,1} \cdot 2,7^{0,5}} \cdot 1,2 = 6,7м/мин.$$

При работе с разверткой, каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточной резец, поэтому формула для расчета крутящего момента несколько отличается от аналогичной формулы для сверления.

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x s_z^y D z}{2 \cdot 1000}, \quad (2.5.20)$$

где s_z - подача, мм на один зуб инструмента, равная s/z , где s – подача, а z – количество зубьев развертки. Остальные коэффициенты определяются по таблицам.

$$M_{кр} = \frac{92 \cdot 0,05^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 20,6 \cdot 8}{2 \cdot 1000} = 0,15 H \cdot м$$

Находим мощность резания и частоту вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 6,7}{\pi \cdot 20,6} = 103,6 \text{ об / мин}$$

$$N_e = \frac{0,15 \cdot 103,6}{9750} = 0,002 \text{ кВт}$$

Переход 3.

Назначаем подачу и глубину резания.

$$t = 0,5 \text{ мм}$$

$$s = 0,03 \text{ мм / об.}$$

Скорость резания при фасонном точении определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m s^y} K_v, \quad (2.5.21)$$

$$v = \frac{292}{30^{0,2} \cdot 0,03^{0,2}} \cdot 0,96 = 286,3 \text{ м / мин.}$$

Расчет сил резания:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 200,4^0 \cdot 0,86 = 160,4 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot 54 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 200,4^0 \cdot 0,86 = 100,9 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot 46 \cdot 0,5^1 \cdot 0,3^{0,4} \cdot 200,4^0 \cdot 0,86 = 122,2 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{160,4 \cdot 286,3}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт}$$

Переход 4.

Назначаем подачу и глубину резания.

$$t = 0,04 \text{ мм}$$

$$s = 0,03 \text{ мм / об.}$$

Скорость резания для раскатывания назначаем исходя из рекомендаций по обработке поверхностей методом пластических деформаций.

$$v = 60 \text{ м / мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 60}{\pi \cdot 20,64} = 925,7 \text{ об / мин}$$

Переходим к расчету норм времени для расточной операции.

$$1. T_O = \frac{57}{0,3 \cdot 3103,4} = 0,06 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,2 \cdot 0,06 = 0,012 \text{ мин}$$

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (0,06 + 0,012) = 0,00432 \text{ мин.}$$

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (0,06 + 0,012) = 0,0018 \text{ мин}$$

$$T_{ШТ} = 0,06 + 0,012 + 0,00432 + 0,0018 = 0,07812 \text{ мин.}$$

$$2. T_O = \frac{57}{2,7 \cdot 103,6} = 0,2 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ мин}$$

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (0,2 + 0,04) = 0,0144 \text{ мин.}$$

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (0,2 + 0,04) = 0,006 \text{ мин}$$

$$T_{ШТ} = 0,2 + 0,04 + 0,0144 + 0,006 = 0,2604 \text{ мин.}$$

$$3. T_O = \frac{1}{0,03 \cdot 1020} = 0,03 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,2 \cdot 0,03 = 0,006 \text{ мин}$$

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (0,03 + 0,006) = 0,00216 \text{ мин.}$$

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (0,03 + 0,006) = 0,0009 \text{ мин}$$

$$T_{ШТ} = 0,03 + 0,006 + 0,00216 + 0,0009 = 0,03906 \text{ мин.}$$

$$4. T_O = \frac{57}{0,03 \cdot 925,7} = 2,1 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,2 \cdot 2,1 = 0,42 \text{ мин}$$

$$T_{OB} = 0,06 \cdot (1 + 0,42) = 0,1512 \text{ мин.}$$

$$T_{ПЕР} = 0,025 \cdot (1 + 0,42) = 0,063 \text{ мин}$$

$$T_{ШТ} = 2,1 + 0,42 + 0,1512 + 0,063 = 2,7342 \text{ мин.}$$

Определим суммарное время для данной операции:

$$T = 0,07812 + 0,2604 + 0,03906 + 2,7342 = 3,11178 \text{ мин (186,7 сек)}$$

Наладки для данной операции представлены в графической части работы.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

3.1 Проектирование режущего инструмента

Для проектирования выбираем инструмент – раскатку.

Раскатка относится к классу осевых инструментов. Она используется во время окончательной обработки зеркала цилиндра. Именно благодаря методу, который используется во время работы этого инструмента, достигается наиболее высокая точность обработки. Подготовка отверстий под раскатывание может производиться даже сверлом, но в данном случае используется развертка.

Наиболее благоприятный результат достигается, когда припуск на диаметр при раскатывании шариками – до 0,2 мм. Перед обработкой рекомендуется тщательно очистить отверстие от стружки и в качестве СОЖ использовать индустриальное масло или сульфофрезол. Также, обязательным требованием является соосность отверстия и инструмента. Именно поэтому не рекомендуется производить переустановку детали после обработки разверткой.

Расчет раскатки:

Рассчитаем минутную подачу S :

$$S = 2 \cdot \sqrt{2h \cdot r}, \quad (3.1.1)$$

r - радиус рабочего профиля ролика, мм;

h - требуемая шероховатость, мкм.

$$S = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 4} = 3,58 \text{ мм}, \quad (3.1.2)$$

Рассчитаем возможное количество деформирующих элементов Z :

$$Z = \frac{\pi}{\arcsin \frac{d + \delta}{D}}, \quad (3.1.3)$$

где d - диаметр деформирующего элемента, мм

δ - толщина перемычки между гнездами под деформирующие элементы,
 $\delta=3...5$ мм.

D - диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

$$Z = \frac{3,14}{\arcsin \frac{8+4}{20,64}} = 5$$

Сепаратор с роликами вращается вокруг своей оси. Далее приведен расчет количества оборотов, которые совершает сепаратор за одну минуту:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (3.1.4)$$

где V – это скорость резания, которая равна 120 м/мин;

D - это диаметр зеркала цилиндра.

$$n = \frac{120 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20,64} = 185 \text{ об / мин}$$

При проектировании данного инструмента был использован конус Морзе. Это позволяет использовать инструмент почти в любом оборудовании, быстро менять без потерь точности центрирования и надежности крепления.

3.2 Проектирование приспособления

В качестве приспособления, в данном разделе будет разработано контрольно - измерительное устройство для контроля внутреннего диаметра.

Поскольку контроль с помощью калибров не позволяет автоматизировать процесс контроля, необходимо рассматривать схемы, в которых контроль внутреннего диаметра происходит с помощью приборов и датчиков. При разработке КИУ стоит учесть, что базирование детали в трехкулачковом патроне или на магнитной плите, являются не только дорогими, но и очень неудобными в связи со сложностями в загрузке детали

на позицию измерения. Поэтому измерительное устройство, представленное в графической части работы, разработано с использованием схемы с базированием детали на измерительном столике.

Далее приведен расчет основных параметров устройства.

Для начала определим параметры плоскопружинного параллелограмма. В измерительной скобе обе каретки, в которых закреплены настроечный винт и преобразователь, крепятся на пружинном параллелограмме. В качестве материала для пружин применяется сталь 65Г. Конструктивно пружинный параллелограмм может выполняться с наладками и без. Две стороны параллелограмма образованы основанием и подвижным блоком, который связан с пружинами винтами через крепежные накладки. Подобные пружинные параллелограммы уже находят ограниченное применение из-за недостаточной жесткости. Для увеличения устойчивости относительно продольных нагрузок на пружины и повышения жесткости в направлении перпендикулярном плоскости параллелограмма, средняя часть каждой пружины зажимается между двумя прямоугольными накладками, скрепленными между собой и с пружиной винтами и заклепками. Эти накладки увеличивают крутильную жесткость пружин. При конструировании пружинных параллелограммов ответственной задачей являются выбор длины накладки, так как тенденция к увеличению длины наладок чревата опасными величинами деформации свободной части пружины.

Таким образом, длина накладки выбирается в зависимости от длины плоской пружины. Основные параметры плоских пружин зависят от многих факторов и, в частности, от размера контролируемой детали, размера и веса измерительных губок, кареток с преобразователем и настроечными элементами, допустимой шириной измерительной.

Проверка правильности выбора основных параметров параллелограмма проводится по величине максимальных нормальных напряжений, возникающих в пружинах при их рабочей или настроечной деформации.

Максимальные и нормальные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_m = \frac{M_{изг}}{W_y}, \quad (3.2.1)$$

где $M_{изг}$ - изгибающий момент в опасном сечении.

Момент сопротивления сечения пружины будет равен:

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (3.2.2)$$

Следовательно, нормальное напряжение определится из следующего выражения:

$$\sigma_m = \frac{3 \cdot p \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (3.2.3)$$

При смещении или деформации параллелограмма на величину арретирования соответствующее усилие деформации составит:

$$P = K_x \cdot \Delta X, \quad (3.2.4)$$

где K_x - рабочая жесткость параллелограмма с накладкой, которая равна

$$K_x = \frac{2 \cdot E \cdot b \left(\frac{h}{l}\right)^3}{1 - m^3}, \quad (3.2.5)$$

Тогда

$$\sigma_m = \frac{3 \cdot E \left(\frac{h}{l}\right) \cdot \left(\frac{\Delta X}{l}\right)}{1 - m^3}, \quad (3.2.6)$$

где E - модуль упругости, который для стали 65Г находится в пределах от 2 до 10 МПа.

$$\sigma_m = \frac{3 \cdot 8 \cdot 10^6 \left(\frac{0.3}{20}\right) \cdot \left(\frac{1}{20}\right)}{1 - 0.4^3} = 0,02 \text{ МПа}$$

После того как параметры пружины выбраны, необходимо обосновать целесообразность применения накладок. С помощью накладок прежде всего увеличивается продольная устойчивость пружин. Попытку получить

продольную устойчивость без применения накладок приводит к слишком большому увеличению толщины пружин.

Критическая продольная сила $P_{кр}$ для пружины с накладками равна:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{12}, \quad (3.2.7)$$

где $J = \frac{b \cdot h^3}{12}$ - максимальный момент инерции поперечного сечения пружинной ленты.

При подстановке значения момента инерции в предыдущую формулу получим в окончательном виде формулу для определения критической силы:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot b}{12} \cdot \frac{h^3}{(-m^3) \cdot l^2}, \quad (3.2.8)$$

$$P_{кр} = \frac{3.14^2 \cdot 8 \cdot 30}{12} \cdot \frac{0.3^3}{(-0.4^3) \cdot 20^2} = 0.015 \text{ MN}$$

Перемещение подвижного блока параллелограмма с накладками в направлении (измерительных) перемещений под действием силы P определяют по методу Мора- Верецагина или в рамках обычной теории поперечного изгиба.

Как известно, жесткость пружины определяется как отношение приложенной силы к величине перемещения под действием этой силы:

$$K_x = \frac{P}{\Delta X}, \quad (3.2.9)$$

где ΔX – перемещение подвижного блока параллелограмма.

Величина перемещения связана с параметрами параллелограмма и модулем упругости первого рода для материала пружины следующей зависимостью:

$$\Delta X = \frac{P \cdot l^3}{24 \cdot E \cdot J_y} \cdot (-m^3), \quad (3.2.10)$$

где J_y – момент инерции поперечного сечения ленты относительно оси Y, или – что тоже самое, минимальный момент инерции поперечного сечения:

$$J_y = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (3.2.11)$$

Тогда:

$$K_x = \frac{P}{\Delta X} = \frac{24 \cdot E \cdot J_y}{l^3 \cdot (-m^3)} = \frac{2 \cdot E \cdot b}{(-m^3)} \left(\frac{h}{l} \right)^3, \quad (3.2.12)$$

$$K_x = \frac{2 \cdot 8 \cdot 30}{(-0.4^3)} \left(\frac{0.3}{20} \right)^3 = 0.0018 \cdot 10^6$$

В конструкции устройства предусмотрен пневмоцилиндр двустороннего действия. Прежде чем провести расчет, ознакомимся с основными характеристиками, приведенными в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Основные характеристики и предельные значения параметров пневмоцилиндра.

Возможный ход поршня (H)	200 мм
Рабочий диаметр цилиндра (D ₁)	16 мм
Рабочее давление воздуха (P)	0,2 МПа
Диаметр штока (D ₂)	6 мм
Механический коэффициент трения (k ₁)	0,9
Коэффициент, учитывающий потери скорости при ускорении и торможении (k ₂)	1,25
Объемный КПД (k ₃)	0,99
Толщина стенки цилиндра (B)	2 мм

Продолжение таблицы 3.2.1

Допускаемое напряжение на растяжение (S_1)	160 МПа
Диаметр болта, крепящего крышку к цилиндру (D_4)	M3
Условный наружный диаметр цилиндра (D_3)	20 мм
T	80 с

Для наглядности, при расчетах параметров подводящего устройства, схематично изобразим пневмоцилиндр.

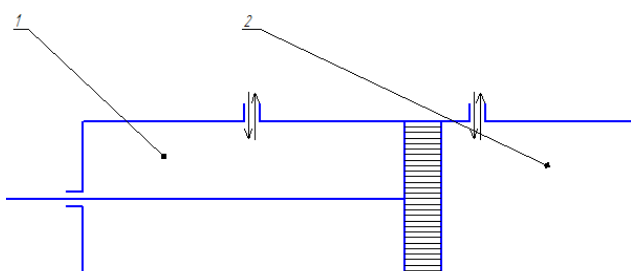


Рисунок 3.2.1 – Условное обозначение пневмоцилиндра

Для определения рабочей площади поршня при подаче воздуха в полости, воспользуемся формулой:

$$F = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4}, \quad (3.2.13)$$

Для первой полости, ход поршня будет равен:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ мм}^2.$$

А для второй:

$$F_2 = \frac{\pi \cdot (D_1^2 - D_2^2)}{4} = \frac{3.14 \cdot (6^2 - 6^2)}{4} = 172.7 \text{ мм}^2$$

Расчет движущего усилия при отводе скобы:

$$P_1 = P \cdot F_1, \quad (3.2.14)$$

$$P_1 = 0,2 \cdot 201 = 40,2 \text{ МН}$$

Расчет движущего усилия при подводе скобы:

$$P_2 = P \cdot F_2, \quad (3.2.15)$$

$$P_2 = 0,2 \cdot 127,7 = 34,54 \text{ МН}$$

Расчет объема цилиндра:

$$W_1 = F_1 \cdot H, \quad (3.2.16)$$

$$W_1 = 201 \cdot 200 = 40200 \text{ мм}^2$$

Расчет движущих усилий с учетом потерь:

$$P_n = P_{n-2} \cdot k_1, \quad (3.2.17)$$

$$P_3 = P_1 \cdot k_1 = 40,2 \cdot 0,9 = 36,18 \text{ МН}$$

$$P_4 = P_2 \cdot k_1 = 34,54 \cdot 0,9 = 31,1 \text{ МН}$$

Расчет средней скорости движения поршня:

$$V_1 = \left(\frac{H}{T} \right) \cdot k_2, \quad (3.2.18)$$

$$V_1 = \left(\frac{200}{80} \right) \cdot 1,25 = 3,125 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

Расчет фактического расхода жидкости:

$$Q = \left(\frac{V_1 \cdot F_1}{k_3} \right), \quad (3.2.19)$$

$$Q = \left(\frac{3,125 \cdot 40,2}{0,99} \right) = 126,9 \frac{\text{мм}^3}{\text{с}}$$

Теперь необходимо сделать расчет пневмоцилиндра на прочность. Пневматический цилиндр имеет прямоугольную наружную форму, поэтому расчет проводим как для цилиндра с наименьшей толщиной стенки. Цилиндр

изготавливается из стали 45, затем корпус подвергается закалке с последующим отпуском. Допустимые напряжения при изгибе $[\sigma_{изг}] = 220 \text{ МПа}$. Допустимые напряжения при растяжении $[\sigma_p] = 190 \text{ МПа}$.

Расчет напряжений:

Расчет тангенциальных напряжений произведем по формуле:

$$\sigma_\tau = \frac{D_1^2 + D_3^2}{D_3^2 - D_1^2} \cdot P, \quad (3.2.20)$$

$$\sigma_\tau = \frac{16^2 + 20^2}{20^2 - 16^2} \cdot 0,2 = 0,91 \text{ МПа}$$

Расчет осевых напряжений:

$$\sigma_u = \frac{P \cdot F_1}{\pi \cdot \frac{D_3^2 - D_1^2}{4}}, \quad (3.2.21)$$

$$\sigma_u = \frac{0,2 \cdot 40,2}{3,14 \cdot \frac{20^2 - 16^2}{4}} = 0,07 \text{ МПа}.$$

Расчет толщины плоского днища:

$$N = 0,405 \cdot D_1 \sqrt{\frac{P}{\sigma_{дон}}}, \quad (3.2.22)$$

$$N = 0,405 \cdot 16 \cdot \sqrt{\frac{0,2}{190}} = 0,21 \text{ МПа}$$

Далее определим площадь сечения болта по минимальному диаметру, для того, чтобы произвести расчет болта на прочность.

$$F_4 = \frac{\pi \cdot D_4^2}{4}, \quad (3.2.23)$$

$$F_4 = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,1 \text{ мм}^2$$

Расчет напряжений в болте:

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot F_1}{4 \cdot D_4^2}, \quad (3.2.24)$$

$$\sigma_2 = \frac{0,2 \cdot 40,2}{4 \cdot 3^2} = 0,22 \text{ МПа.}$$

Следующим этапом в проектировании приспособления будет расчет КИУ на точность. Погрешность базирования может возникать вследствие неточности изготовления базирующих элементов, деталей, узлов и еще массы других различных факторов.

При использовании двухконтактной схемы измерения, радиальное биение подшипников будет вызывать смещение линии измерения с диаметральной плоскостью.

Смещение определим по формуле:

$$b = z \cdot f + e, \quad (3.2.25)$$

где, z- радиальный зазор, который равен 5...10 мкм:

f- коэффициент трения качения, f = 0,1;

e- смещение оси центра по отклонению к оси вращения, e=2...5 мкм.

$$b = 7 \cdot 0,1 + 3 = 3,7 \text{ мкм} = 0,0037 \text{ мм}$$

Погрешность измерения определяется из выражения:

$$\Delta \text{lim}_2 = \frac{b \cdot \overline{D} + 2 \cdot \overline{a}}{R_2 + r}, \quad (3.2.26)$$

где R-радиус детали;

r-радиус измерительного наконечника равный 5 мм;

a - величина смещения линии измерения, вследствие неточности сборки, a=0,1мм.

$$\Delta \text{lim}_2 = \frac{0,0037 \cdot \overline{D} + 2 \cdot \overline{a}}{34,925 + 5} = 0,0189 \text{ мкм.}$$

Закон распределения данной составляющей погрешности – закон Релея, описывает односторонние действующие погрешности. Для этого закона систематическая составляющая погрешности:

$$\Delta_2 = \frac{\Delta \lim_2}{2,8} = \frac{0,0189}{2,8} = 0,00675 \text{ мкм}.$$

Случайная составляющая погрешности:

$$\sigma_2 = \frac{\Delta \lim_2}{3,6} = \frac{0,00675}{3,6} = 0,001875 \text{ мкм}.$$

Далее представлено описание работы измерительной установки.

КИУ состоит из трех основных блоков: составного вращающегося столика, измерительной станции, и шагового двигателя.

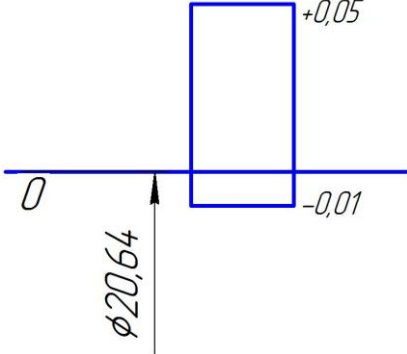
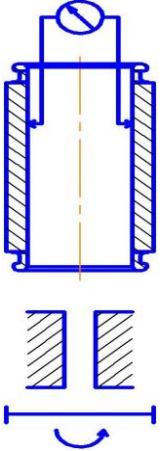
Принцип работы станции следующий: на измерительный стол, неподвижно соединенный с вращающимся столом, устанавливается контролируемая деталь. Вращающийся стол через вал с помощью муфты соединен с шаговым двигателем, установленным на кронштейне. Кронштейн при этом закреплен на плате с помощью болтов. Кронштейн вместе двигателем, муфтой и вращающимся столом находится в платах, соединенных между собой с помощью колонок и болтов. Для того, чтобы проконтролировать внутренний диаметр, к детали подводят измерительные наконечники индуктивного преобразователя. При этом измерительные наконечники крепятся к блоку с помощью кронштейна, а индуктивный преобразователь закреплен неподвижно в кронштейне. К кронштейну также прикреплен упругий параллелограмм с плоской пружиной. Точность и надежность креплений осуществляется с помощью болтов.

Для определения отклонения от внутреннего диаметра необходимо контролируемую деталь закрепить на измерительном столике, подвести в ней измерительные наконечники индуктивного преобразователя и произвести измерение, после чего, благодаря вращению, передаваемому от шагового двигателя, повернуть вращающийся столик на 180° .

Вследствие симметричности контролируемых отверстий относительно общей геометрической оси детали, после поворота вращающегося столика, измерительные наконечники будут введены во второе контролируемое отверстие, что позволяет производить поочередный контроль двух отверстий при относительно малых затратах времени.

И в заключение данного раздела приведена метрологическая характеристика устройства, составленная в виде таблицы.

Таблица 3.2.2 – Метрологическая характеристика.

Наименование контролируемого параметра	Внутренний диаметр
Допуск на контролируемый параметр	$+0,05$ $-0,01$
Допускается погрешность измерения	0,005мм
Схема расположения полей допусков	
Схема базирования и измерения	

Продолжение таблицы 3.2.2

Тип преобразователя	Индуктивный БВ-6067
Способ настройки на размер	По рабочему эталону
Допуск на изготовление рабочего эталона	0,001 мм
Средство арбитражной проверки детали	Микрокатор 02ИТП ГОСТ 6933-81
Группы сортировки	Годные Брак + Брак -
Метод измерения	Метод сравнения с мерой

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

Конструктивно-техническая и организационно-технологическая характеристика объекта.

Таблица 4.1 - Технический паспорт технологического объекта

№ п/п	Технологический процесс	Операция, вид выполняемых работ	Занимаемая должность сотрудника, исполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, приспособление, технические устройства	Материалы
1	Заготовительная	Заготовительная операция, литье	Литейщик	Машина непрерывного циклического литья намораживанием	СЧ 20
2	Механическая обработка цилиндра	Точение поверхности (чистовое и черновое)	Оператор станка с ЧПУ	Агрегатный станок	
		Сверление			
		Растачивание			
		Зенкерование			
		Раскатка			

Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Заготовительная	Физический. Нагрев поверхности заготовки, повышенная температура, высокий уровень шума.	Оборудование: машина НЦЛН
2	Механическая обработка цилиндра	Физический. Заусенцы и острые кромки на изделии, шероховатость на поверхности, высокий уровень шума. Химический фактор. Воздействие СОЖ.	Оборудование: агрегатный станок Используемый инструмент: резец, сверло, зенкер, раскатка. СОЖ.

Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно- технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	СИЗ работника
1	Нагрев поверхности заготовки, повышенные температуры, высокий уровень шума.	Снизить температуру в литейном цеху следует путем использования современных систем вентиляции	При транспортировке заготовки следует использовать специальные захваты или автоматизированное оборудование. Для уменьшения шума использовать беруши.
2	Заусенцы и острые кромки на изделии, шероховатость, высокий уровень шума.	Использовать огорождение, СОЖ, оптимизировать выбор режимов резания.	Использовать оборудование, следуя рекомендациям руководства по эксплуатации. Во время работы использовать защитные очки, перчатки, спец. одежду и беруши.

Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Литейный цех	Машина НЦЛН	А	Тепловой поток	Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, замыкание электрического напряжения на токопроводящей части технического оборудования.
2	Станочный цех	Агрегатный станок	В	Пламя и искры	Возгорание от осколков технологических установок, замыкание на токопроводящей части оборудования.

Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта

Таблица 4.4 -Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Порошковые огнетушители(ОП-4) 2. Порошковые, пенные, углеводородные (ОХП-10, ОВП-10)
----------------------------------	--

Продолжение таблицы 4.4

Мобильные средства пожаротушения	АКТ-0,5/0,5(131), модель 207 – автомобиль комбинированного тушения, вместимостью цистерны для порошка и пенообразователя 500 л.
Стационарные установки пожаротушения	1. Установка водного тушения 2. Роботизированная установка пожаротушения «СТРАЖ» с насадкой-пеногенераторном на базе программно-управляемого ствола
Средства пожарной автоматики	1. ИП101-1А-А1 Сибирский Арсенал Извещатель тепловой 2. Адресно-аналоговое контрольное оборудование Taktis
Пожарное оборудование	Огнетушители, водопенное оборудование, гидрант, генератор пены, автоматическая сигнализация.
СИЗ при пожаре	Повязка на лицо, аптечка, веревки и лестницы, огнеупорная накидка, искрогасители.
Пожарный инструмент	1. Немеханизированные: ведро, лопата, багор, лом. 2. Универсальный механизированный комплект УKM-4 (мотопривод, дымосос, отбойный молоток, дисковая и цепная пила)

Продолжение таблицы 4.4

Пожарное оповещение	W-500 AWL Optima, объектовый прибор с встроенными GSM, Wi-Fi, РПП Астра РИ-М
---------------------	--

Организационные мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 4.5 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование оборудования, входящего в состав технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Машина непрерывного циклического литья намораживанием, агрегатный станок.	Оснащение порошковыми огнетушителями и пожарными гидрантами, обеспечение информационными таблицами, плакатами. Проведение инструктажей, обучение персонала, проведение учебных тренировок.	При появлении небольшого возгорания использовать огнетушитель. При большом возгорании применить гидрант и средства оповещения. Также использовать СИЗ. ФЗ-123 Федеральный закон технический регламент «О требованиях пожарной безопасности». Постановление правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме». ГОСТ 12.1.018-93. ССБТ. Пожаробезопасность статического электричества. Общие требования». ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения». ГОСТ Р 12.3.047-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

Обеспечение экологической безопасности объекта

Таблица 4.6 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производствен но- технологическ ого процесса	Структурные составляющие технического объекта, производствен но- технологическ ого процесса	Негативное экологическо е воздействие технического объекта на атмосферу (вредные выбросы в воздушную окружающу ю среду)	Негативное экологическ ое воздействие техническог о объекта на гидросферу	Негативное экологическо е воздействие технического объекта на литосферу
Заготовительна я	Литейный цех. Машина НЦЛН	Выброс канцерогенн ых веществ	Выброс испарений от раскаленног о металла	Выброс канцерогенн ых веществ, что приводит к загрязнению растительног о покрова
Механическая обработка	Агрегатный станок	Выброс отходов, таких как стружка, микрпыль.	Выброс стружки в гидросферу, конденсат от СОЖ.	Загрязнение растительног о покрова от микрпыли.

Таблица 4.7 - Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Агрегатный станок
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение аппаратуры, направленной на нейтрализацию выбросов газа, использование сухих пылеуловителей.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование химического метода очистки, позволяющего удалять канцерогенные вещества.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Внедрение устройства, позволяющего использовать биологическое очищение типа аэротенк.

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе о безопасности и экологичности описан технологический процесс изготовления тормозного цилиндра, должности рабочих, производственно-техническое оборудование, применяемые расходные вещества и материалы.

Проведен анализ возникающих профессиональных рисков по предложенному производственно-технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых основных и вспомогательных работ. К опасным и вредным производственно-технологическим факторам отнесены следующие: повышенный уровень

шума, повышенная температура в цеху, заусенцы, острые кромки и другие факторы сопутствующие механической обработке.

Разработаны мероприятия, включающие используемые в выпускной квалификационной работе технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно использование современных систем вентиляции, оптимизация режимов резания, использование СОЖ. Подобраны конкретные, технически обоснованные средства индивидуальной защиты для работников, осуществляющих производственно-технологический процесс.

Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара с разработкой дополнительных технических средств и организационных мер по обеспечению пожарной безопасности.

Идентифицированы негативные экологические факторы, связанные с реализацией производственно-технологического процесса и разработаны соответствующие организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности на заданном техническом объекте, согласно действующим требованиям нормативных документов.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Для расчета экономических показателей необходимо определить основные исходные значения.

Программа выпуска равна 4500 штук в год; тарифная ставка рабочего – 79,89 рублей в час; цена единицы оборудования достигает 430 тысяч рублей. Фонд рабочего времени на 2017 год составляет 3946 часов. Что касается самого изделия, то масса отливки равна 300 грамм, а так как готовая деталь весит 210, следовательно, вес отходов составил 90 граммов. Поставщики металла предлагают серый чугун по цене 30 рублей за кг, а цена отходов составляет 2,38 рубля за килограмм.

После проведения расчетов количества оборудования и коэффициентов его загрузки, расчета инвестиций и расчета технологической себестоимости, производим калькуляцию себестоимости обработки детали. Так как в работе сравниваются базовый и проектный варианты, расчеты будут производиться под цифрами 1 и 2 соответственно.

Для начала подведем итог технологической себестоимости:

$$C_{tex} = M + Z_{пл.осн} + H_{з.пл} + P_{э.об}, \quad (5.1)$$

где M – масса заготовки; $Z_{пл.осн}$ – зарплата основных рабочих; $H_{з.пл}$ – начисления на заработную плату; $P_{э.об}$ – расходы на оборудование.

$$1) C_{tex} = 9,2 + 28,29 + 8,676 + 4,928 = 51,788 \text{руб}$$

$$2) C_{tex} = 9,2 + 26,68 + 8,004 + 4,11 = 47,994 \text{руб}$$

Общехеховые расходы определим по формуле:

$$P_{цех} = Z_{пл.осн} \cdot K_{цех}, \quad (5.2)$$

где $K_{цех}$ – коэффициент, который равен 2,15.

$$1) P_{цех} = 28,92 \cdot 2,15 = 62,178 \text{руб}$$

$$2) P_{цех} = 26,68 \cdot 2,15 = 57,362 \text{руб}$$

Для расчета цеховой себестоимости, воспользуемся формулой:

$$C_{цех} = C_{стех} + P_{цех}, \quad (5.3)$$

$$1) C_{цех} = 51,788 + 62,178 = 113,966 \text{руб}$$

$$2) C_{цех} = 47,994 + 57,362 = 105,366 \text{руб}$$

Заводские расходы:

$$P_{зав} = Z_{пл.осн} \cdot K_{зав}, \quad (5.4)$$

где $K_{зав}$ – коэффициент равный 2,5.

$$1) P_{зав} = 28,92 \cdot 2,5 = 72,3 \text{руб}$$

$$2) P_{зав} = 26,68 \cdot 2,5 = 66,7 \text{руб}$$

Суммой двух рассчитанных выше показателей определим заводскую себестоимость:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав}, \quad (5.5)$$

$$1) C_{зав} = 109,701 + 72,3 = 182,001 \text{руб}$$

$$2) C_{зав} = 101,206 + 66,7 = 167,906 \text{руб}$$

Внепроизводственные расходы:

$$P_{вн.пр} = C_{зав} \cdot K_{вн.пр}, \quad (5.6)$$

где $K_{вн.пр}$ – коэффициент равный 0,05.

$$1) P_{вн.пр} = 182,001 \cdot 0,05 = 9,3 \text{руб}$$

$$2) P_{вн.пр} = 167,906 \cdot 0,05 = 8,6 \text{руб}$$

После проведения основных расчетов, можно определить полную себестоимость:

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн.пр}, \quad (5.7)$$

$$1) C_{полн} = 182,001 + 9,3 = 191,301 \text{руб}$$

$$2) C_{полн} = 167,906 + 8,6 = 176,506 \text{руб}$$

Переходим на расчет затрат и выбор оптимального варианта. Для этого, необходимо определить затраты на единицу детали:

$$Z_{пр.ед} = C_{полн} + E_{н} \cdot K_{уд}, \quad (5.8)$$

где E_n – коэффициент нормативной эффективности; $K_{уд}$ – удельные капитальные вложения.

$$1) Z_{пр.ед} = 195,566 + 0,33 \cdot 35,1 = 207,149 \text{ руб}$$

$$2) Z_{пр.ед} = 180,656 + 0,33 \cdot 37 = 192,866 \text{ руб}$$

Годовые приведенные затраты:

$$Z_{пр.год} = Z_{пр.ед} \cdot P_z, \quad (5.9)$$

где P_z – годовая программа выпуска.

$$1) Z_{пр.год} = 207,149 \cdot 4500 = 932170,5 \text{ руб}$$

$$2) Z_{пр.год} = 192,866 \cdot 4500 = 867897 \text{ руб}$$

Рассчитав базовый и проектный вариант, необходимо выбрать оптимальный. Проектный вариант предусматривает минимальные затраты, поэтому и считается оптимальным. На нем и остановим свой выбор.

Далее определяем экономическую эффективность предложенного технологического варианта производства изделия. Ожидаемую прибыль от снижения затрат на обработку детали рассчитаем по формуле:

$$Пр.ож = (C_{полн_{баз}} - C_{полн_{пр}}) \cdot P_z, \quad (5.10)$$

$$Пр.ож = (95,566 - 180,656) \cdot 4500 = 67095 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$Ток.расч. = \frac{K_{вв.пр}}{Пр.ож} + 1, \quad (5.11)$$

$$Ток.расч. = \frac{1666789}{67095} + 1 = 3,4 \text{ года.}$$

Расчетный срок окупаемости – $T=3,5$ года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенная в данной работе тема, не случайно привлекла мое внимание. На производстве, занимающимся выпуском тормозного цилиндра, по сей день наблюдается высокий процент брака по отливкам. Предприятие несет огромные убытки из-за того, что бракованную отливку не всегда удается диагностировать до начала механической обработки. Это влечет за собой большее изнашивание дорогостоящего оборудования и инструментов. В связи с этим, в данной выпускной работе, был выбран более современный метод получения заготовки без изменения исходного материала детали. Так же проведен анализ действующего маршрута обработки и предложен более рациональный технологический процесс.

Для поверхности, к которой предъявляются самые высокие требования, рассчитаны припуски на обработку. К сверлильной и расточной операции, в состав которой и входит обработка зеркала цилиндра, рассчитаны режимы резания и разработана наладки. Для обработки внутреннего диаметра спроектирован более современный инструмент, работа которого основана на принципе пластической деформации, - раскатка. Так же для контроля самой точной поверхности рассчитано контрольно – измерительное устройство. Его использование способствует сокращению времени, которое тратилось на контроль данного диаметра калибрами.

Произведен расчет экономической эффективности предложенного технологического маршрута. Проведен анализ безопасности и экологичности рассматриваемого производства, а также выбраны средства индивидуальной защиты сотрудников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Marukovich, Y.I. Fundamentally New Effective Prozess of Casting of Hollow Cylindrical Billets of Cast Iron by the Metod of Directional Solidification / Y. I. Marukovich, U. F.Beuzza – М. : Key Engineering Materials, 2011. – 457 с.
2. Бодяко, А.М. Получение гильз цилиндров для дизельных двигателей литьем намораживанием / А. М. Бодяко, В. Ф. Бевза, С. В. Галагаев и др - М. : Metallurgiya mashinostroeniya № 3, 2006. - 30 с.
3. Пат. 13451 Республика Беларусь, С22С. Износостойкий чугуи / Е. И. Марукович, М.И. Карпенко, В. Ф. Бевза, В. П. Груша; Заявитель и патентообладатель ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси». Заявл. 29.01.2009 Офиц. бюлл. № 4. С. 111.
4. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – СПб. : Политехника, 2007. – 380 с.
5. Локтев, И.Ф. Общемашиностроительные нормативы режимов резания / А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, Б.Н. Балашов – М. : Машиностроение, 2004. – 304 с.
6. Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учебное пособие для вузов / В. И. Шагун – М. : Машиностроение, 2008. - 423 с.
7. Степанов, Ю.С. Альбом контрольно-измерительных приспособлений / Ю.С. Степанов, Б.И. Афонасьев, А.Г. Схиртладзе, А.Е. Щукин, А.С. Ямников – М. : Машиностроение, 2000. – 184 с.
8. Григорьев, С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник / С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов - М. : Машиностроение, 2006. — 544 с.
9. Бойцов, А.Г. Упрочнение деталей комбинированным способом / А.Г. Бойцов, В.Н. Машков, В.А. Смоленцев – М. : Машиностроение, 2005. – 144 с.
10. Маталин, А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин - СПб. : Лань, 2016. — 512 с.

11. Белкин, И.М. Допуски и посадки. Основные нормы взаимозаменяемости / И.М. Белкин – М. : Машиностроение, 2002. – 528 с.
12. Великанов, К.М. Экономическая эффективность новой техники и технологии в машиностроении / К.М. Великанов – М. : Машиностроение, 2015. – 256 с.
13. Абрамов, Ю.А. Экономика машиностроительного производства / Ю.А. Абрамов – М. : Высшая школа, 2004. – 304 с.
14. Валенский, Г.П. Экономическая оценка инвестиционных проектов / Г.П. Валенский, В.Н. Лившиц – М. : Дело, 2001. – 624 с.
15. Суслов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов – М. : Машиностроение, 2000. – 148 с.
16. Day, A. (2014). Braking of road vehicles. Braking of road vehicles (pp. 1-472) doi:10.1016/C2011-0-07386-6
17. Brewer, F. (2015). Additive manufacturing: Costs, cost effectiveness and industry economics. Additive manufacturing: Costs, cost effectiveness and industry economics (pp. 1-168)
18. Evans, A. T. (2015). Automobiles and the automotive industry: Emerging technologies, environmental impact and safety analysis. Automobiles and the automotive industry: Emerging technologies, environmental impact and safety analysis (pp. 1-141)
19. Sadhukhan, J., Ng, K. S., & Hernandez, E. M. (2014). Biorefineries and chemical processes: Design, integration and sustainability analysis. Biorefineries and chemical processes: Design, integration and sustainability analysis (pp. 1-625) doi:10.1002/9781118698129
20. Hashmi, S. (2014). Comprehensive materials processing. Comprehensive materials processing (pp. 1-52) doi:10.1016/C2009-1-63473-0

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А
 Спецификация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №		A1			17.БР.ОТМП.100.61.00.000СБ	Сборочный чертеж	1			
Подп. и дата						<u>Детали</u>				
				1	17.БР.ОТМП.100.61.00.001	Хвостовик	1			
				2	17.БР.ОТМП.100.61.00.002	Втулка	1			
				3	17.БР.ОТМП.100.61.00.003	Втулка	1			
				5	17.БР.ОТМП.100.61.00.005	Гайка	1			
				6	17.БР.ОТМП.100.61.00.006	Муфта	1			
				7	17.БР.ОТМП.100.61.00.007	Гильза	1			
				8	17.БР.ОТМП.100.61.00.008	Сепаратор	1			
				9	17.БР.ОТМП.100.61.00.009	Гильза	1			
				11	17.БР.ОТМП.100.61.00.011	Вал	1			
				12	17.БР.ОТМП.100.61.00.012	Пружина	1			
				13	17.БР.ОТМП.100.61.00.013	Пружина	1			
				14	17.БР.ОТМП.100.61.00.014	Ролик	4			
		Взам. инв. №						<u>Стандартные изделия</u>		
						4		Штифт 2 ЗН7 х 8 ГОСТ 24296-93	1	
				10		Штифт 2 ЗН7 х 14 ГОСТ 24296-93	1			
				15		Подшипник 208 ГОСТ 8838-75	1			
Подп. и дата		17.БР.ОТМП.100.61.00.000								
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.		Разраб.	Васильева Ю.В.				Лист	Лист	Листов	
		Пров.	Резникова Л.А.						1	
		Н.контр.	Виткалов В.Г.				ТГУ, ИМ, гр. МСДэ-1202			
		Чтв.	Логинов Н.Ю.							
Раскатка										
Копировал						Формат А4				

Приложение Б
 Спецификация 1 л.

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	
Справ. №	A1			17.БР.ОТМП.100.62.00.000СБ	Сборочный чертеж	1		
					Сборочные единицы			
			1	17.БР.ОТМП.100.62.01.000	Корпус	1		
			2	17.БР.ОТМП.100.62.02.000	Направляющая шариковая	1		
			3	17.БР.ОТМП.100.62.03.000	Направляющая шариковая	1		
			4	17.БР.ОТМП.100.62.04.000	Параллелограмм упругий	1		
			5	17.БР.ОТМП.100.62.05.000	Преобразователь индуктивный	1		
Подп. и дата			6	17.БР.ОТМП.100.62.06.000	Столик вращающийся	1		
			7	17.БР.ОТМП.100.62.07.000	Столик координатный	1		
					Детали			
			8	17.БР.ОТМП.100.62.00.001	Винт настроечный	1		
			9	17.БР.ОТМП.100.62.00.002	Цилиндр	1		
			10	17.БР.ОТМП.100.62.00.003	Кронштейн	1		
			11	17.БР.ОТМП.100.62.00.004	Кронштейн	1		
			12	17.БР.ОТМП.100.62.00.005	Кронштейн	1		
			13	17.БР.ОТМП.100.62.00.006	Кронштейн	1		
			14	17.БР.ОТМП.100.62.00.007	Кронштейн	1		
		15	17.БР.ОТМП.100.62.00.008	Измерительная головка	2			
				Стандартные изделия				
		16		Болт М6 х 1-6Н/6d х 10.58 .35Х.16	24			
				17.БР.ОТМП.100.62.00.000				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Васильева Ю.В.				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Резникова Л.А.					1	2
	И.контр.	Виткалов В.Г.				ТГУ, ИМ, МСДз-1202		
	Чтв.	Логинов Н.Ю.						

Приложение Г

Маршрутная карта 1 л.

ГОСТ 3.1118-82

Форма 1

Дубл.																				
Взам																				
Подл.																				
Разработал	Васильева Ю. В.																			
Проверил	Резников Л. А.																			
				Кафедра ОТМП										3	1					
Н. контроль	Виткалов В. Г.																			
Утвердил	Логинов Н. Ю.																			
				Корпус колесного цилиндра заднего тормоза																
М01	СЧ 20 ГОСТ 14.12-85																			
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ								
	31	166	0,21	1		0,09	14	φ29x57x43			1	0,3								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тл.з	Тит.		
А 03	XX	XX	XX	000	Заготовительная															
Б 04					Машина НЦ/ЛН				13392											
05																				
А 06	XX	XX	XX	005	4110 Токарная				ИОТ ХХХХ											
Б 07					Токарный ACCUWAY UT 200 с ЧПУ				2	15292	410	1	1	1	1	75	1	2,15	4,11	
0 08	Точить поверхность 8 в размер 30,7 мм на глубину 0,7 мм. Точить поверхность 9 в размер 21,5 мм на глубину 0,7 мм.																			
Т 09	396110 3-х кулачковый механизированный патрон, 391831 торцевая фреза ISO 2P160-1200NA H10F																			
Т 10	393311 штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-90																			
11																				
А 12	XX	XX	XX	010	4110 Токарная				ИОТ ХХХХ											
Б 13					Токарный САК 501351 с ЧПУ				2	15292	410	1	1	1	1	75	1	1,02	2,13	
0 14	Подрезать торец 1 и 2 на глубину 1,0 мм																			
Т 15	396110 3-х кулачковый механизированный патрон, 391831 торцевая фреза ISO 2P160-1200NA H10F																			
Т 16	393311 штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-90																			
МК																				

