

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
в г. Миассе  
Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Технология производства машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
И.о.заведующий кафедрой, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ Ю.Г. Миков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

«Участок механической обработки детали «Балансир задней подвески»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ЮУрГУ – 15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ ВКР

Консультант, должность  
Строительный раздел  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ / О.Б. Кучина /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель, должность  
доцент, кандидат технических наук  
\_\_\_\_\_ / Миков Ю.Г. /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Консультант, должность  
БЖД  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор  
студент группы МиМс-546  
\_\_\_\_\_ / Р.И.Хидаев /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Консультант, должность  
Автоматизированное проектирование  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ / Я.В. Высокорец /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер, должность  
Старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ / Е.С. Шапранова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Р.И.Хидаев. Участок механической обработки детали «балансира задней подвески» автомобиля «Урал» 4322-2918020 - Миасс: ЮУрГУ, 2017, 92с. Библиография литературы 18 наименований; 8 листов чертежей ф. А1, 16 листов карт технологического процесса

После анализа существующего технологического процесса механической обработки детали «балансира задней подвески» автомобиля «Урал» 4322-2918020 был предложен более прогрессивный способ ее механической обработки, основанный на применении современных станков с ЧПУ и автоматизированных приспособлений, сочетающих в себе производительность с достаточно высокой точностью.

В ходе работы более точно рассчитана заготовка. Рассчитаны припуски, операционные размеры и режимы резания, проведено нормирование операций. Спроектированы станочные и контрольное приспособления, по каталогу фирмы Sandvik выбран режущий инструмент. Для транспортирования детали спроектирован схват робота.

В работе выполнена планировка участка и спланировано размещение оборудования. В разделе «безопасность жизнедеятельности» приведен комплекс мер по обеспечению безопасности людей на участке.

В работе дано заключение о целесообразности внедрения нового технологического процесса в производство.

					<b>15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ</b>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб</i>		Р.И.Хидаев			Участок механической обработки детали «балансира задней подвески» автомобиля «Урал»		
<i>Проверил</i>		Ю.Г.Миков					
					У	6	92
<i>Н контр.</i>					ЮУрГУ		
<i>Утвердил</i>					Кафедра ТПМ		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	11
1.1 Описание детали.....	11
1.2 Анализ технологичности детали.....	12
1.3 Анализ существующего технологического процесса.....	14
1.4 Разработка проектного варианта.....	18
1.5 Расчет припусков (размерный анализ).....	24
1.6 Выбор оборудования и оснастки.....	30
1.7 Выбор и обоснование метода получения заготовки.....	34
1.8 Расчет режимов резания.....	35
1.9 Нормирование.....	50
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	51
2.1 Расчет и проектирование станочного приспособления для токарной операции.....	54
2.2 Расчет и проектирование станочного приспособления для операции №020 Фрезерная с ЧПУ.....	56
2.3 Расчет и проектирование контрольного приспособления.....	59
2.4 Расчет и проектирование схвата промышленного робота.....	60
3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	66
3.1 Выполнить симуляцию механической обработки на станке с ЧПУ.....	66
3.2 Построить 3D модель станочного приспособления для зубофрезерной операции.....	68
3.3 Выполнить технологический процесс в САПР ТП.....	69
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	72
4.1 Расчет количества оборудования.....	72
4.2 Выбор здания.....	72
4.3 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки.....	74
4.4 Проектирование подсистемы удаления стружки.....	74

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

4.5 Проектирование подсистемы раздачи СОЖ.....	76
4.6 Выбор подъемно-транспортных устройств.....	77
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	78
5.1 Общие вопросы охраны труда.....	78
5.2 Освещение и шум.....	81
5.3 Микроклимат.....	83
5.4 Пожарная безопасность.....	84
5.5 Вентиляция и отопление.....	86
5.6 Электробезопасность.....	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	89
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	90

Приложения:

- 1 Графическая часть на 8 листах, ф. А1
- 2 Спецификация на 7 листах, ф. А4
- 3 Технологический процесс на 18 листах, ф. А4

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

## ВВЕДЕНИЕ

В современном машиностроении созданы и освоены новые системы современных, надежных и эффективных машин для комплексной автоматизации производства, что позволяет выпускать продукцию высокого качества с наименьшими затратами труда. Увеличился выпуск автоматических линий, новых видов машин и аппаратов, отвечающих современным требованиям.

Непрерывно совершенствуется технология, средства производства машин и других изделий. Расширилась внутриотраслевая и межотраслевая специализация на основе унификации и стандартизации изделий. Шире используется метод комплексной стандартизации; внедряются системы управления и аттестации качеством продукции, система технологической подготовки производства.

Для практического осуществления принципа функциональной взаимозаменяемости изделий необходима четкая система конструкторской, технологической, метрологической и эксплуатационной документации.

Особенно важно обеспечить взаимозаменяемость деталей и изделий, получаемых безотходной технологией, при которой механическая обработка сведена к минимуму. Это увеличивает эффективность технологий не только в отношении экономии материалов, но и резкого повышения производительности труда и качества продукции.

Широко внедряются в машиностроительное производство новые технологии - электронно-лучевые, плазменные, импульсные, биологические, радиационные, химические и другие, позволяющие поднять эффективность использования ресурсов и снизить материалоемкость производства.

Осваиваются гибкие переналаживаемые производства и системы автоматизированного проектирования, автоматические линии, машины и оборудование со встроенными средствами микропроцессорной техники, роботизированные технологические и роторные комплексы.

Обеспечивается создание и освоение производства техники новых поколений, позволяющей многократно повысить производительность труда, улучшить его условия, снизить материальные затраты. Быстрый рост машиностроения - важней-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

шей отрасли промышленности определяет темпы переоснащения производства новой техникой и вызывает необходимость дальнейшего совершенствования технологии машиностроения. Автоматизация процессов механической обработки деталей машин является одной из важнейших задач, стоящих перед промышленностью. Она позволяет обеспечить высокие темпы роста производительности труда, повышение качества продукции, улучшение условий труда. Одним из наиболее эффективных средств современной автоматизации является созданное легко переналаживаемое металлорежущее оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ), промышленными роботами (ПР), создание гибких производственных систем (ГПС), позволяющие осуществлять автоматизацию. Развитие новых прогрессивных процессов обработки способствует конструированию более современных машин и снижению их себестоимости. Актуальна задача повышения качества выпускаемых машин и, в первую очередь, их точности. В машиностроении точность имеет особо важное значение для повышения эксплуатационного качества машин. Отечественная станкостроительная промышленность создала высокопроизводительные станки различного технологического назначения и прогрессивные конструкции режущего инструмента, обеспечивающие высокую эффективность и точность обработки. Станки с ЧПУ имеют ряд преимуществ, по сравнению с универсальными сокращается вспомогательное и машинное время обработки, исключается предварительное ручные разметочные и доводочные операции, упрощается и удешевляется специальная оснастка, так как точность обработки обеспечивается точностью самих станков, сокращается время наладки и переустановки заготовок и т.д. Станки с ЧПУ с автоматической сменой инструмента имеют дополнительные преимущества. Улучшаются условия многостаночного обслуживания. Повышается производительность станков, т.к. автоматическая смена инструментов, как правило, совмещается частично или полностью с выполнением команд на установку координат, переключение ступеней частоты вращения шпинделя, подач и т.д. Растет эффективность использования станков благодаря сокращению времени наладки, смены инструмента и контроля размеров деталей.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

Производственный процесс представляет собой ряд процедур, между которыми существуют связи. Именно наличие связей свойств материалов и размерных связей обеспечивает качество изготавливаемой продукции. При этом можно выделить два вида связей: внутри технологической системы предприятия и связи "предприятие - внешняя среда".

Объекты производства связаны между собой связями свойств материалов, временными, размерными, экономическими и информационными. Установление связей происходит на этапе технологической подготовки производства, которая, согласно ГОСТ Р50995.3.1-96 представляет собой "...вид производственной деятельности предприятия (группы предприятий), обеспечивающий технологическую готовность производства к изготовлению изделий, отвечающих требованиям заказчика или рынка данного класса изделий".

Цель выпускной квалификационной работы является проектирование механического участка по изготовлению детали «балансир задней подвески автомобиля «Урал».

Цели работы:

- снижения себестоимости детали;
- повышение коэффициента использования материала (уменьшение припусков на механическую обработку);
- уменьшения затрат труда на изготовление детали за счет снижения времени занятости рабочего (применение станков с ЧПУ);
- замены устаревших оборудования и оснастки на новые;
- повышение гибкости участка и т.д.

В ходе выпускной квалификационной работы основное внимание уделялось снижению себестоимости и трудоемкости изготовления детали, а также повышению производительности труда за счет уменьшения числа технологических переходов, а также внедрения современных режущих материалов и инструментов; повышению точности обработки за счет применения современных высокоточных станков и модернизации технологической оснастки.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Описание детали

Данная деталь – балансир задней подвески автомобиля «Урал» входит в состав агрегатов задней подвески автомобиля, установленных между задними мостами с наружной стороны рамы. Предназначен для установки и закрепления в нем пакета рессор и, как следствие, восприятия циклических нагрузок (рисунок 1.1):

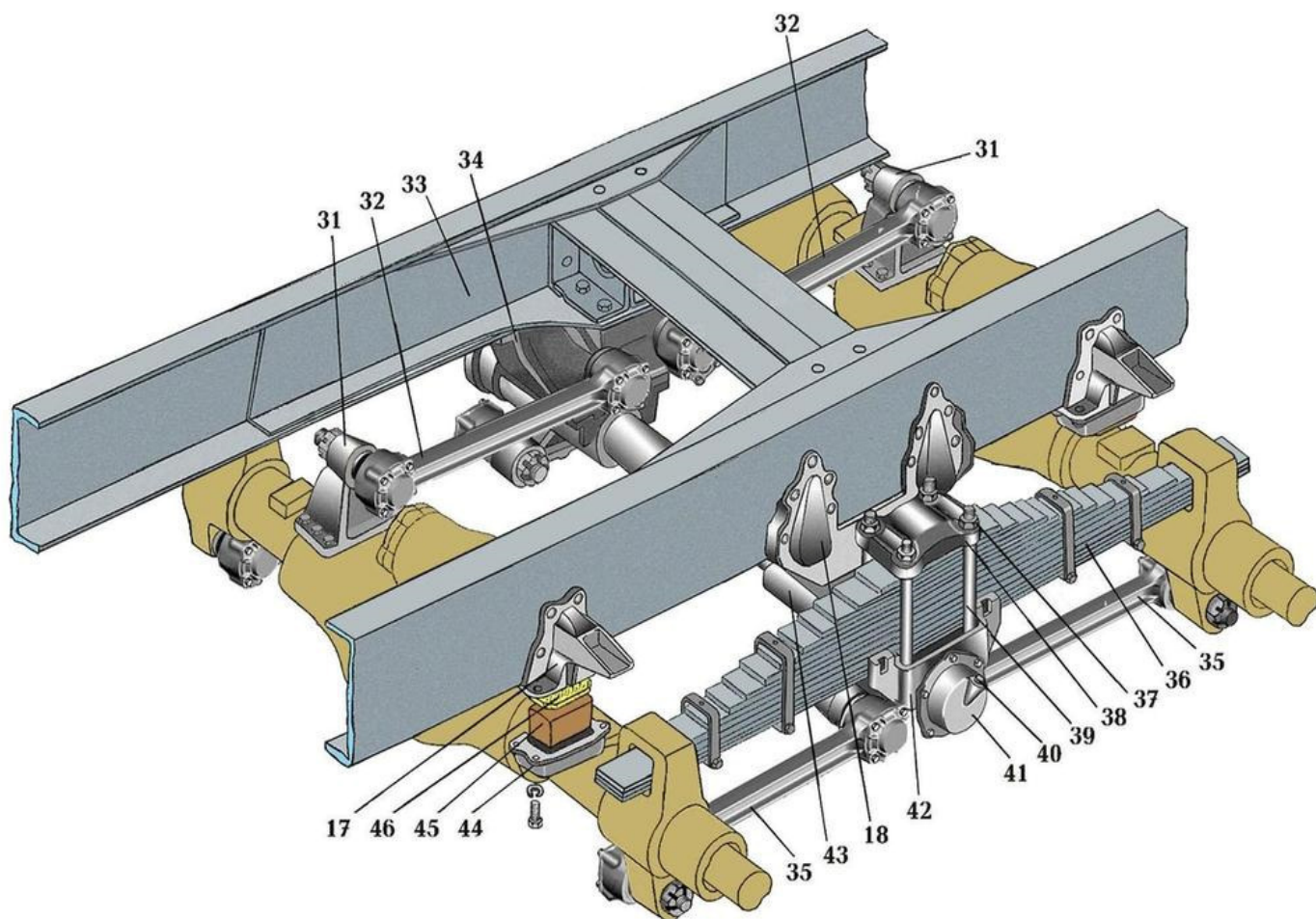


Рисунок 1.1- Задняя подвеска. Ось задней подвески. 17-кронштейн буфера моста; 31-кронштейн верхней реактивной штанги; 32-верхние реактивные штанги; 33-рама; 34-правый кронштейн балансира; 35-нижние реактивные штанги; 36-рессора подвески; 37-гайка стремянки; 38-накладка стремянки; 39-стремянка; 40-пробка заливного отверстия; 41-колпак балансира; 42-балансира подвески; 43-кронштейн оси подвески; 44-обойма буфера; 45-буфер; 46-подкладка буфера

## 1.2 Анализ технологичности детали

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11



Одним из факторов, существенно влияющих на характер технологических процессов является технологичность конструкции детали.

Технологичность конструкции детали – это совокупность свойств конструкции детали, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материала, и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте и при обеспечении технологичности сборочной единицы.

Требования к технологичности конструкции детали согласно ГОСТ 14.204-73 следующие:

1 Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом.

2 Детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом.

3 Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степени точности и шероховатости.

4 Физические и механические свойства материала, жесткость детали, её формы и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления.

5 Показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроль.

6 Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления

Показатели технологичности для детали «Балансир задней подвески»:

1 Конструкция детали балансир состоит из стандартных элементов:

- резьбовые поверхности;
- радиусы закруглений и фаски;
- проточки для выхода режущего инструмента;
- большинство свободных размеров унифицировано (то есть оканчивается на «0» или «5»).

2 Заготовка для детали изготовлена в литейном производстве методом литья в песчано-глинистые формы. Можно считать, что заготовки изготовлены рациональным способом.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Точность отливки 11-9-16-11 ГОСТ 26645-85; смещение по линии разъёма 1 мм; масса отливки 22,5 кг; покрытие в литье - УНИКОР-К ТУ 2316-002-0-31953544-96. Отливка должна быть очищена от формовочной и стержневой смесей и пригара. Базовые поверхности не должны иметь дефектов, влияющих на механическую обработку.

3 Конструкция детали характеризуется наружной формой сложной конфигурации, позволяющей вести обработку детали на станке-полуавтомате, то есть допускает применение высокопроизводительных методов обработки. Обработка на станках-полуавтоматах позволяет получить деталь с точностью по 9-10 квалитетам, а деталь имеет размеры с допусками по 10-11 квалитету точности. Гладкое центральное отверстие – по 7 квалитету. Чистовые операции для обработки центрального отверстия – чистовое точение, либо шлифование, либо хонингование. Данными методами можно получить отверстие 6-7 квалитета точности.

Размеры и поверхности имеют экономически достижимые степени точности и шероховатости. Все размеры технологически увязаны и доступны для измерения.

4 Заготовки подвергаются термообработке: отжигу нормализационному или изотермическому; высокому отпуску.

Конструкция детали - жесткая. Нет глубоких канавок, проточек для выхода режущего инструмента. Заготовка облегчена, так как жесткость детали достаточна для выполнения своих эксплуатационных свойств.

5 В качестве основных баз используется точно обработанные отверстия и торцы. На большинстве операций деталь базируется по ним.

6 Коэффициент использования материала (для корпусных деталей он должен быть не ниже 0,5):

$$K_{им} = \frac{G_0}{G_3}, \quad (1)$$

где  $K_{им}$  - коэффициент использования материала;

$G_0$  - масса детали, кг;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

$G_3$  - масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{21,9}{22,5} = 0,95$$

Итак, деталь «балансир задней подвески» технологична по всем показателям.

### 1.3 Анализ существующего технологического процесса

При составлении плана обработки следует соблюдать следующие правила:

Термообработка деталей (закалка, отпуск) производится перед чистовыми операциями.

Грубая операция должна предшествовать более точной, т.к. при первых операциях снимается больше слой металла (устраняются дефекты).

Отделочные операции следует относить к концу (уменьшается возможность повреждения при транспортировке и коробление при обработке других поверхностей).

Операции, при которых ожидается повышенный брак, следует выполнять как можно раньше.

В первую очередь выполняют операции, при которых снижается жесткость детали.

Контрольные операции планируются перед операциями выполняемыми другими цехами (термические, гальванические и т.д.), перед трудоемкими и ответственными операциями, после окончания обработки.

По существующему технологическому процессу:

Термообработка производится перед поступлением детали на механическую обработку.

При обработке отверстия в качестве черновой операции применяется точение, в качестве чистовой – чистовое растачивание. Для обработки наружных цилиндрических поверхностей применяется токарная обработка, а для плоскостей - фрезерование. В качестве чистовых: для торцев – чистовое точение, для плоскости – чистовое фрезерование.

Отделочные операции отсутствуют.

Жесткость детали не уменьшается в процессе обработки.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

Данная деталь относится к классу корпусных, поэтому для нее характерны такие же способы обработки, которые присущи этому классу деталей.

Материал детали - литейная сталь 35 Л. Механические свойства его представлены в таблице 1.

Химический состав стали 35 Л: Si: 0,2-0,4%; Mn: 0,4-0,9%; C: 0,3-0,4%; Cu: 0,3%; Ni: 0,3%; S: до 0,045%; P: 0,04%; Cr: 0,3%.

Таблица 1.1 - Механические свойства материала

Материал	НВ (сердцевина)	$\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , кг/мм <sup>2</sup>	Термообработка
Сталь 35 Л ГОСТ 977-88	217-285	60	40	отжиг

Согласно действующему техпроцессу обработка заготовки детали «балансир задней подвески» начинается с обработки на вертикальном 6-шпиндельном полуавтомате 1Б284. В качестве черновой базы используется наружная цилиндрическая поверхность балансира и опорная плоскость. На операции производятся переходы:

- однократное точение торца в размер  $184 \pm 0,8$ ;
- черновое растачивание отверстия  $\varnothing 115^{+0,87}$ ;
- черновое растачивание отверстия  $\varnothing 96^{+0,87}$ ;
- полуступенчатое растачивание отверстия  $\varnothing 123^{+1}$  в размер  $15 \pm 0,2$ ;
- точение фасок  $3 \times 30^\circ$  и  $2,8 \times 30^\circ$ ;
- полуступенчатое растачивание отверстия  $\varnothing 98,5^{+0,2}$ ;
- развертывание центрального отверстия в размер  $\varnothing 99^{+0,07}$ ;
- контроль исполнителем каждой 10-ой детали.

На второй операции производится обработка на таком же 6-шпиндельном полуавтомате 1Б284. На операции производятся переходы:

- черновое точение пояса  $\varnothing 119_{-0,87}$ , с торцем, обеспечивая размер  $18 \pm 0,2$ ;
- черновое точение наружного торца, обеспечивая размеры  $16,5 \pm 0,2$  и  $193 \pm 0,5$ ;
- чистовое точение наружного торца, обеспечивая размеры  $15,5 \pm 0,2$  и  $192 \pm 0,2$ ;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

- получистовое точение пояса  $\varnothing 116,5_{-0,87}$ ;
- точение фасок  $2,6 \times 30^\circ$  и  $2 \times 30^\circ$ ;
- чистовое точение пояса  $\varnothing 115,2_{+0,16}^{+0,31}$ ;
- контроль исполнителем каждой 10-ой детали.

На третьей операции производится сверлильная обработка на вертикально-сверлильном станке 2А125. На операции производятся переходы:

- сверление отверстия  $\varnothing 8,4$ , выдерживая размер от торца  $85 \pm 1$ ;
- зенкование фаски  $1 \times 45^\circ$ ;
- развертывание отверстия  $\varnothing 8,7$ ;
- нарезание конической резьбы  $K1/8$ ;
- контроль исполнителем каждой 10-ой детали.

Следующая операция – горизонтально-фрезерная. Она производится на специальном горизонтально-фрезерном станке Гф-1847. На операции производятся переходы:

- фрезерование проушины  $91,7_{+0,5}$ , выдерживая размер от торца  $53,2 \pm 0,3$ ;
- фрезерование фасок  $3 \times 45^\circ$ ;
- контроль исполнителем каждой 10-ой детали.

Следующая операция – вертикально-сверлильная. Она производится на вертикально-сверлильном станке 2135. На операции производятся переходы:

- сверление отверстия  $\varnothing 14,5_{+0,43}$ , выдерживая размер от опорной плоскости  $25 \pm 0,2$ ;
- зенкование фаски  $2 \times 30^\circ$ ;
- развертывание отверстия  $\varnothing 15_{+0,043}$ , выдерживая размер  $252 \pm 0,2$ ;
- контроль исполнителем каждой 10-ой детали.

Затем следует агрегатная операция на агрегатно-сверлильно-резьбонарезном станке 1ХА-338. На операции производятся переходы:

- сверление 6-ти отверстий  $\varnothing 6,7$  одновременно, выдерживая размер 148;
- зенкование фасок  $1,8 \times 45^\circ$  в 6-ти отверстиях одновременно;
- развертывание 6-ти отверстий  $\varnothing 6,8$  одновременно;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

- нарезка резьбы М8-6Н в 6-ти отверстиях одновременно на глубину 10 min;
- контроль исполнителем каждой 10-ой детали.

Следующая операция – слесарная. На ней производится:

- прогонка резьбы;
- снятие заусенцев напильником;
- притупление острых кромок.

На следующей операции производится обдувка детали сжатым воздухом.

Затем деталь маркируется оформлением на неё ярлыка.

Заключительная операция – контрольная. Производится контроль всех полученных размеров по карте контроля на столе ОТК.

Таблица 1.2 - Коэффициенты загрузки оборудования на производственную программу 5000 деталей в базовом варианте

№ опер.	Наименование операции	tшт, мин.	Расчёт оборудования		
			Количество, шт.		Коэффициент загрузки оборудования, %
			расчётное	принятое	
005	Токарная	6.9	0.12	1	12
010	Токарная	7.2	0.13	1	13
015	Вертикально-сверлильная	6.8	0.12	1	12
020	Горизонтально фрезерная	7.03	0.13	1	13
025	Вертикально-фрезерная	3.94	0,06	1	6
030	Вертикально-сверлильная	3.4	0.05	1	5
035	Вертикально-сверлильная	5.7	0.09	1	9
	ИТОГО:	40,97	-	7	<b>K<sub>CP</sub>=10,7</b>

В ходе анализа действующего технологического процесса выявлены следующие недостатки:

- Используемый режущий инструмент частично устаревший.
- Используемое оборудование устаревшее. Средний срок использования станков – более 20 лет.
- Малая автоматизация технологического процесса.
- Отсутствуют контрольные приспособления.
- Участок негибок.
- Станки п/а с низким коэффициентом загрузки.

При изменении технологического процесса необходимо стремиться к укрупнению операций. Для современного типа производства главное качество, а не количество выпускаемой продукции. По совершенствованию технологического процесса предлагаю:

- Заменить на первых двух операциях станки токарные 6-шпиндельные полуавтоматы на один токарный с ЧПУ.
- Заменить все вертикально-сверлильные станки на горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ.
- Заменить все агрегатные станки на токарный станок с ЧПУ и обрабатывающий центр.
- Все станки оснастить переналаживаемыми приспособлениями с целью быстрой переналадки для обработки других видов балансиров.
- Применить современный режущий инструмент с многогранными неперетачиваемыми режущими пластинами (МНП), либо при невозможности их использования – инструмент из современных материалов, что позволит увеличить производительность за счет повышения скорости резания и сократить затраты на переточку инструмента.
- Разработать контрольное приспособление.
- Разработать расчётно-технологические карты для операций, что в дальнейшем упростит разработку управляющей программы.

#### 1.4 Разработка проектного варианта

В базовом варианте для токарной обработки детали применялись устаревшие вертикальные 6-шпиндельные полуавтоматы 1Б284. Для ускорения процесса механической обработки и повышения гибкости участка в целом предлагаю заменить их на токарные станки с ЧПУ.

В качестве баз используем те же поверхности, что и в базовом варианте – наружную цилиндрическую поверхность, опорную плоскость и торец.

Эскизы операций со схемами базирования представлены на рисунке 1.4.2 и 1.4.3, а на рисунке 1.4.1 представлен эскиз заготовки с размерами.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

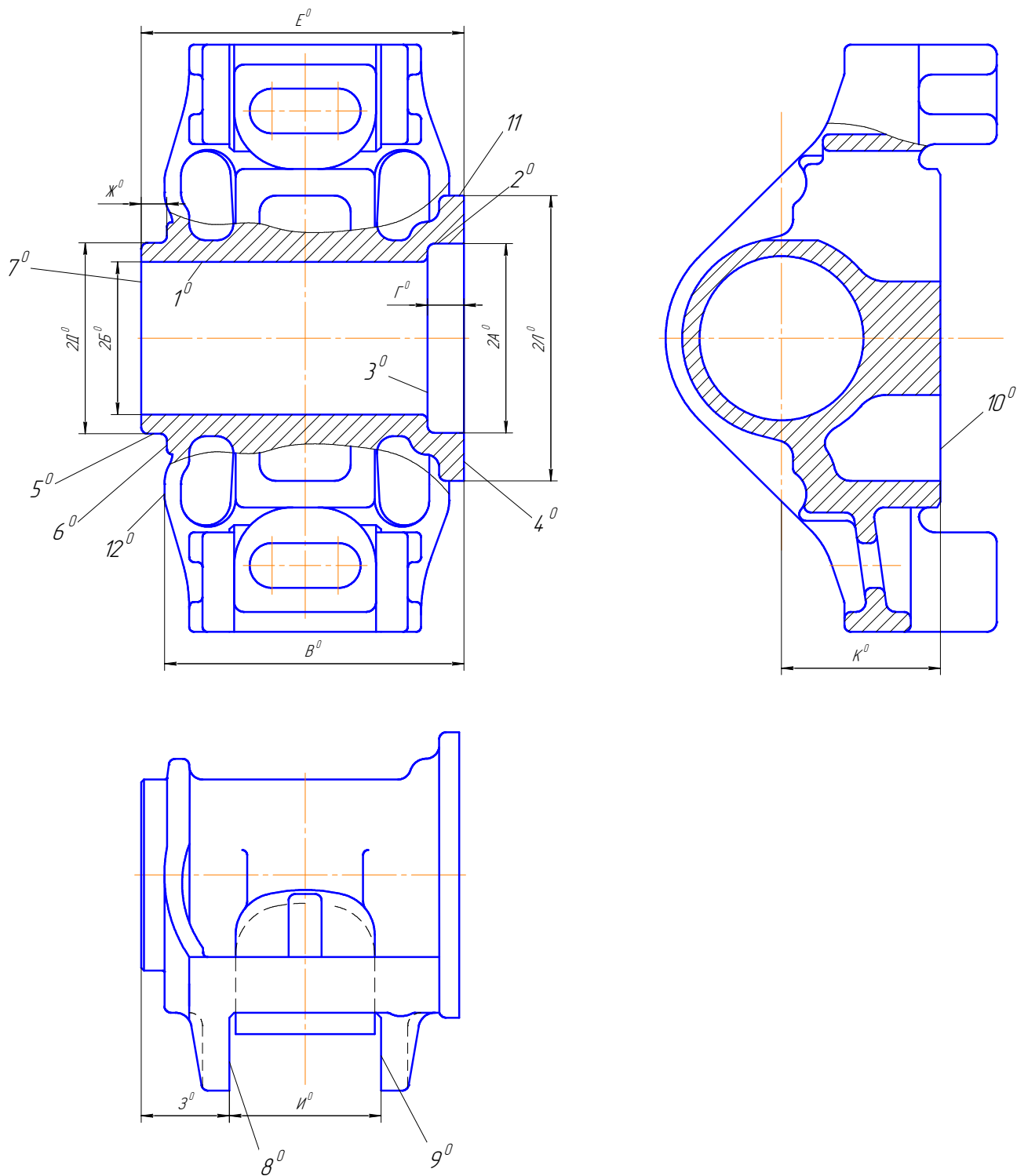


Рисунок 1.4.1 – Эскиз заготовки с размерами.

Точностные параметры:  $TE^0=5,6$ ;  $T2A^0=5$ ;  $T2Л^0=5$ ;  $T2B^0=4,4$ ;  $T2Д^0=5$ ; ;  
 $TЖ^0=2,8$ ;  $TГ^0=3,2$ ;  $T2B^0=5,6$ ;  $T23^0=4$ ;  $TI^0=4,4$ ;  $TK^0=4,4$ ;  $©1,2=1,6$ ;  $©1,11=2$ ;  
 $©1,5=1,6$ .

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

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

19



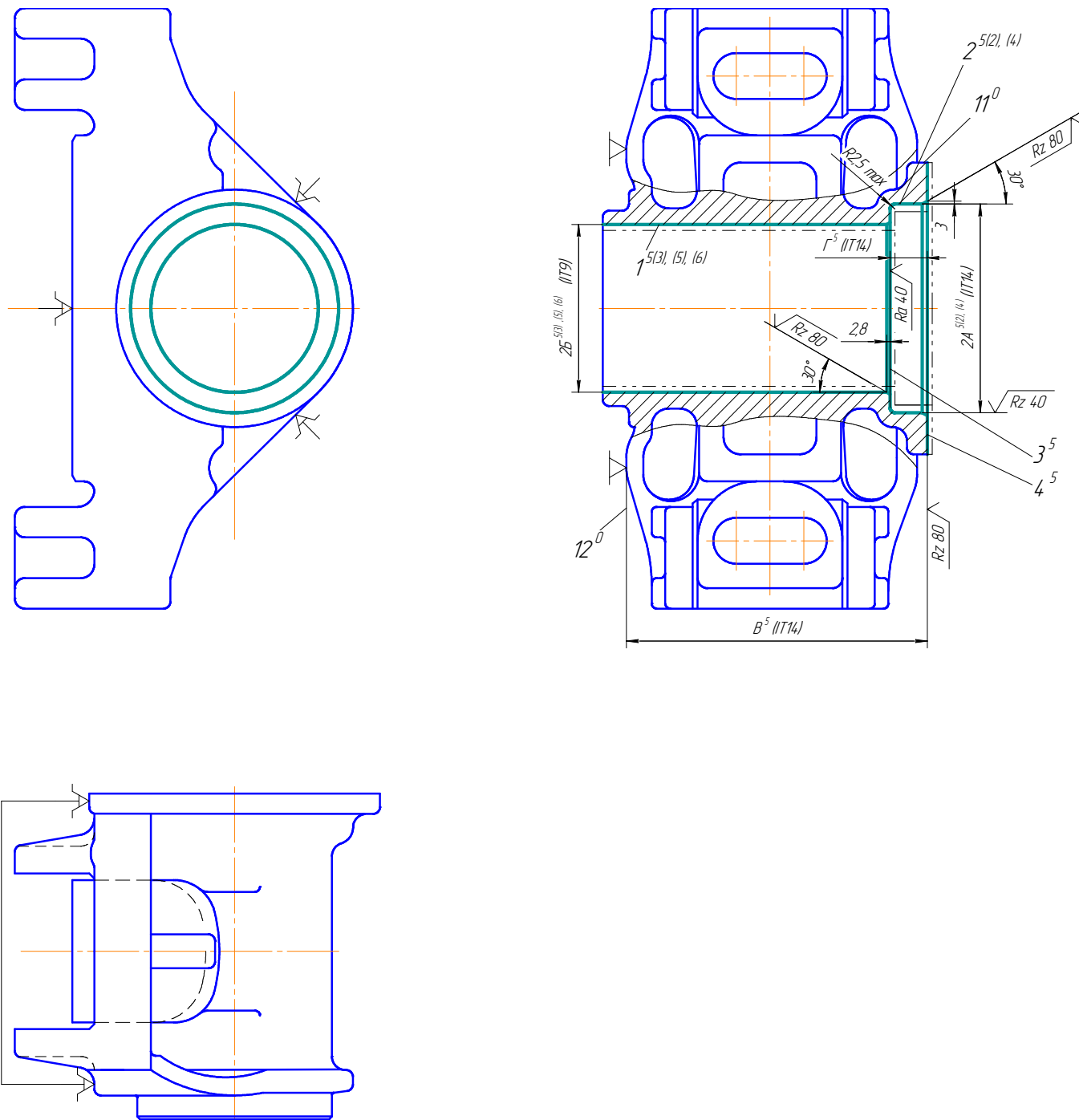


Рисунок 1.4.2 – Операционный эскиз на 05 операции.

Точностные параметры:  $T_B^5=1,15$ ;  $T_T^5=0,52$ ;  $T_{2B}^5=0,54$ ;  $T_{2A}^5=0,63$ ;  $T_{2B}^{5(3)}=0,14$ ;  $T_{2A}^{5(2)}=0,16$ ;  $T_{2B}^{5(5)}=0,054$ ;  $\textcircled{11,2}=0,2$ ;  $\textcircled{1,11}=0,16$ .

На 015-й операции деталь устанавливается на обработанное центральное отверстие – двойную направляющую базу и 2 плоские поверхности (2 опорных базы). В базовом техпроцессе использована такая же схема базирования, однако, в проектируемом технологическом процессе будет спроектировано другое станочное приспособление.

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

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

20

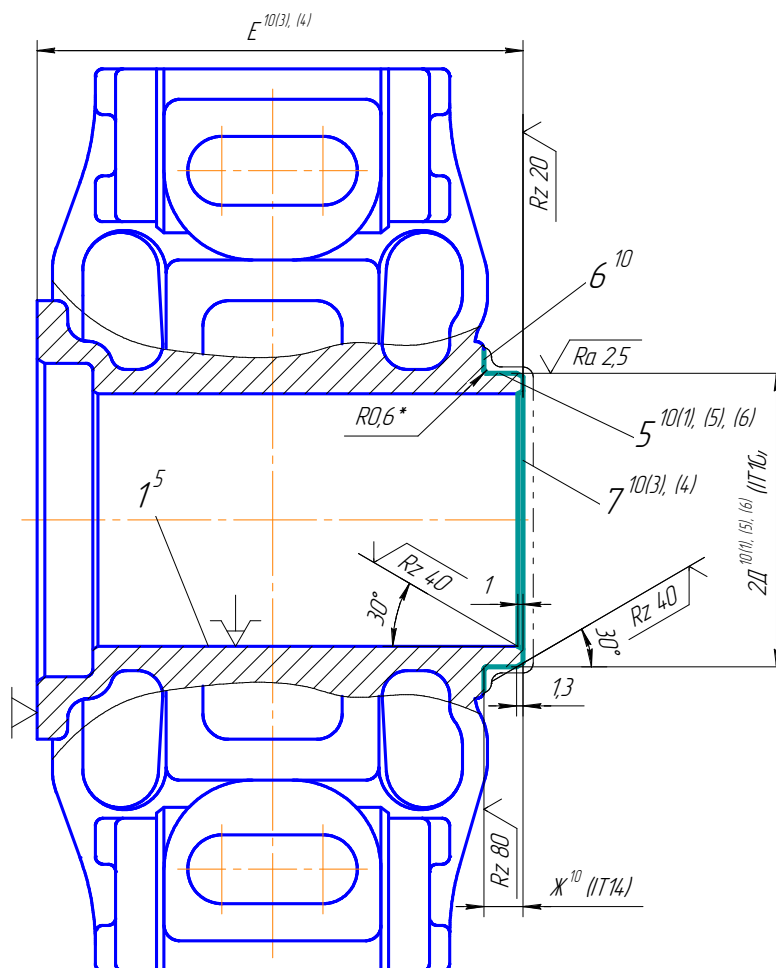


Рисунок 1.4.3 Операционный эскиз на 010 операции.

Точностные параметры:  $TE^{10}=1,15$ ;  $TЖ^{10}=0,43$ ;  $T2Д^{10}=0,54$ ;  $TE^{10(4)}=0,29$ ;  
 $T2Д^{10(5)}=0,14$ ;  $T2Д^{10(6)}=0,054$ ;  $©1,5=0,16$ .

Эскиз операции со схемой базирования представлен на рисунке 1.4.4.

На 020-й и 025-й операциях деталь также устанавливается на чистовую базу – обработанное центральное отверстие – двойную направляющую базу и 2 торца (2 опорных базы). В базовом техпроцессе использована такая же схема базирования, однако, в проектируемом технологическом процессе будет спроектировано другое станочное приспособление.

Эскиз операции со схемой базирования представлен на рисунке 1.4.5 и 1.4.6.

На заключительной 030-й операции использована снова та же схема базирования (базы – центральное отверстие и 2 плоские поверхности), однако усилие закрепления будет прикладываться не к наружному торцу детали, а к уступу в центральном отверстии.

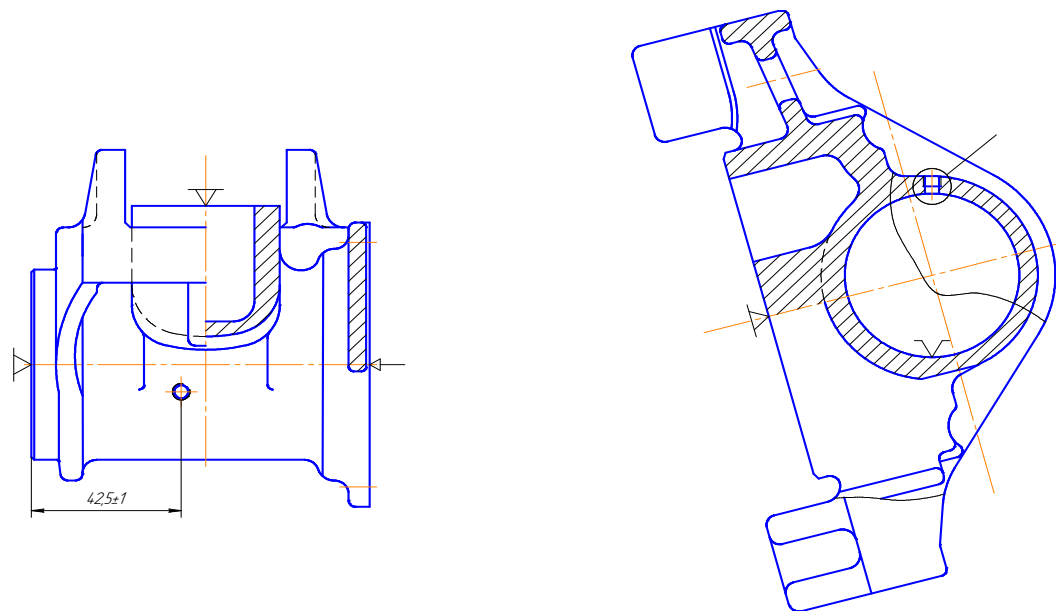
Эскиз операции со схемой базирования представлен на рисунке 1.4.7.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

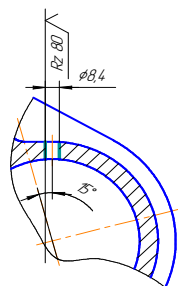
15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

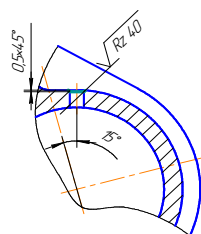
21



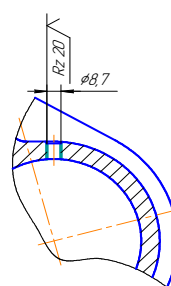
Переход 1



Переход 2



Переход 3



Переход 4

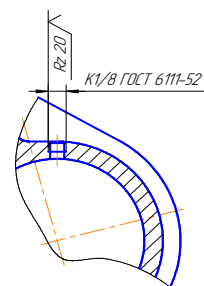


Рисунок 1.4.4 – Операционный эскиз на 015 операции

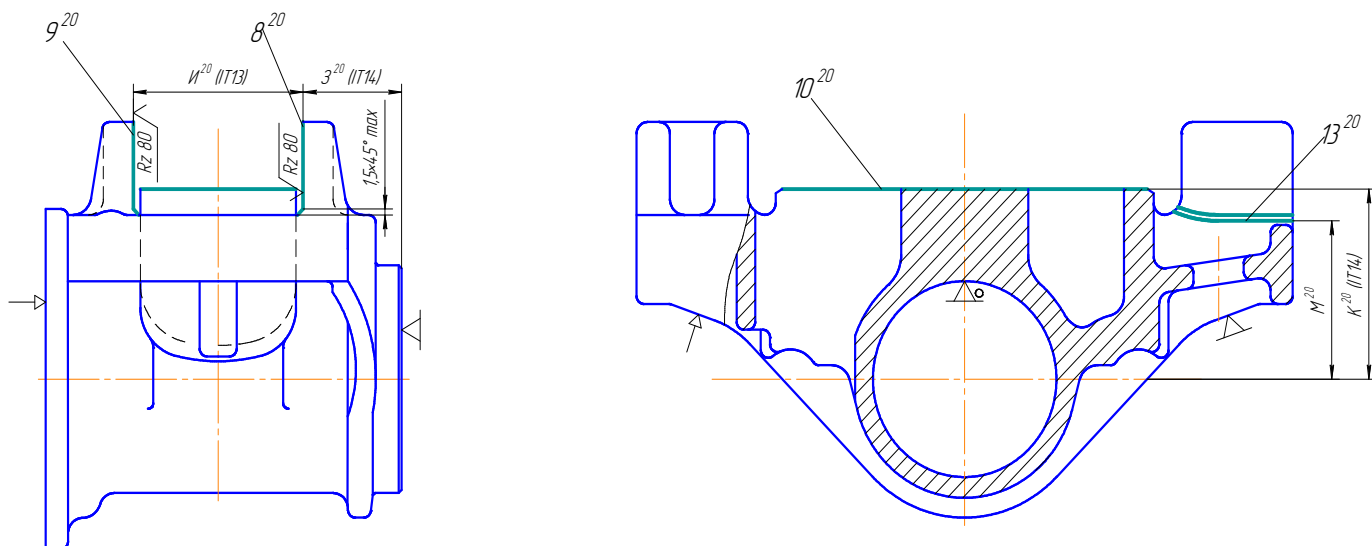


Рисунок 1.4.5 – Операционный эскиз на 020 операции.

Точностные параметры:  $TI^{20}=0,35$ ;  $TZ^{20}=0,3$ ;  $TM^{20}=0,35$ ;  $TK^{20}=0,35$ .

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

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

22

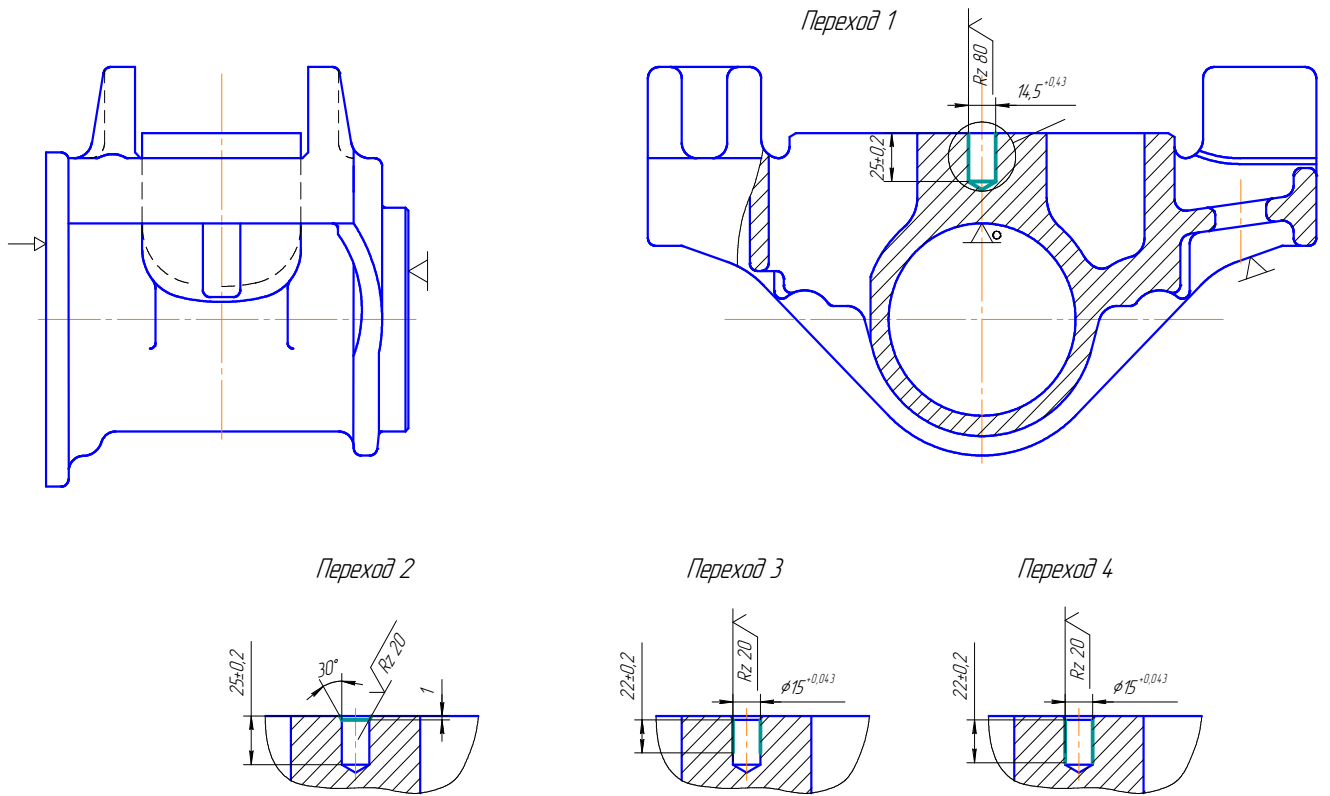


Рисунок 1.4.6 – Операционный эскиз на 025 операции

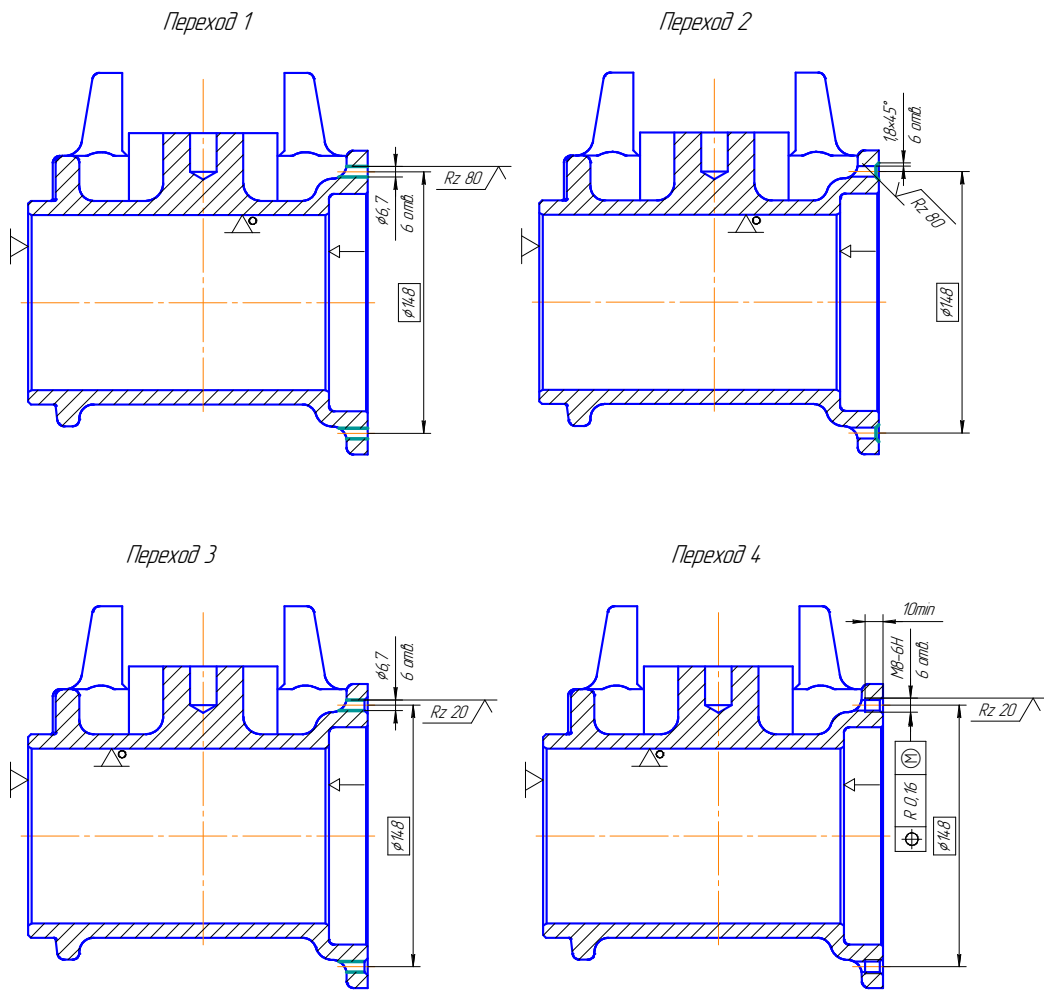


Рисунок 1.4.7 – Операционный эскиз на 030 операции

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

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

23

Далее, после окончания механической обработки детали производятся те же операции, что и в базовом технологическом процессе: слесарная, обдувка, маркировка и контроль.

## 1.5 Расчет припусков (размерный анализ)

### 1.5.1 Линейный размерный анализ.

Схема размерного анализа представлена на рисунке 1.5.1.

Определим замыкающие звенья среди чертёжных размеров:

$$[H] = E^{10(4)} - \Gamma^5;$$

$1 > 0,29 + 0,52 = 0,81$  - условие выполняется.

Определим замыкающие звенья среди припусков:

$$[z_6^{10}] = \mathcal{K}^{10} - E^{10(4)} + B^5 - B^0 + E^0 - \mathcal{K}^0;$$

$$[z_7^{10(4)}] = E^{10(3)} - E^{10(4)};$$

$$[z_7^{10(3)}] = E^0 - B^0 + B^5 - E^{10(3)};$$

$$[z_3^5] = \Gamma^5 - B^5 + B^0 - \Gamma^0;$$

$$[z_4^5] = B^0 - B^5.$$

$$[z_{10}^{20}] = K^0 - K^{20}.$$

Определим минимальные припуски. Их расчет будем вести по методу профессора Матвеева, согласно которому минимальная величина припуска определяется:

$$z'_{\min} = R_Z^{i-1} + h^{i-1}, \quad (2)$$

где  $R_Z^{i-1}$  - высота неровностей поверхности, полученной на предыдущей операции;

$h^{i-1}$  - величина дефектного слоя, оставшаяся на поверхности также после

предыдущей операции.

Величины  $R_Z^{i-1}$  и  $h^{i-1}$  определим по таблицам 9 и 10 [1, с.34-35]:

$$[z_6^{10}]_{\min} = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм};$$

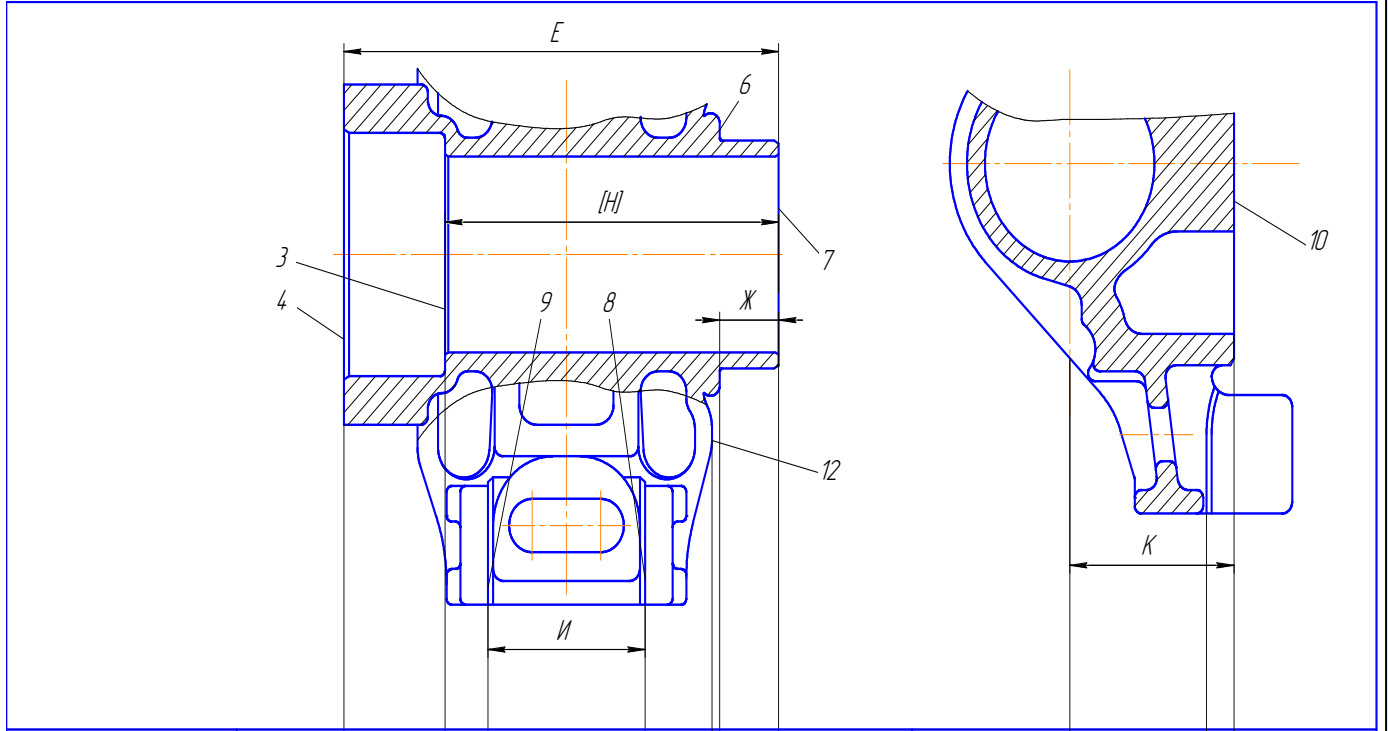
$$[z_7^{10(4)}]_{\min} = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_7^{10(3)}]_{\min} = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм};$$

$$[z_3^5]_{\min} = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм};$$

$$[z_4^5]_{\min} = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм};$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24



20		
10 (4)		
10 (3)		
10 (2)		
5 (2)		
5 (1)		
0		

Рисунок 1.5.1 – Схема линейного размерного анализа

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

25

$$[z_{10}^{20}]_{\min} = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм.}$$

Теперь решаем уравнения и находим операционные размеры:

$$[z_4^5]_{\min} = B_{\min}^0 - B_{\max}^5$$

$$0,9 = B_{\min}^0 - 178$$

$$B_{\min}^0 = 178,9; \quad B_{\max}^0 = 178,9 + 5,6 = 184,5;$$

$$B^0 = 181,7 \pm 2,8;$$

$$[z_4^5]_{\max} = 0,9 + 5,6 + 1,15 = 7,65$$

$$[z_7^{10(4)}]_{\min} = E_{\min}^{10(3)} - E_{\max}^{10(4)}$$

$$0,1 = E_{\min}^{10(3)} - 192$$

$$E_{\min}^{10(3)} = 192,1; \quad E_{\max}^{10(3)} = 192,1 + 1,15 = 193,25;$$

$$E^{10(3)} = 193,25_{-1,15};$$

$$[z_7^{10(4)}]_{\max} = 0,1 + 1,15 + 0,29 = 1,54$$

$$[z_7^{10(3)}]_{\min} = E_{\min}^0 - B_{\max}^0 + B_{\min}^5 - E_{\max}^{10(3)}$$

$$0,9 = E_{\min}^0 - 184,5 + 177 - 193,25$$

$$E_{\min}^0 = 201,65; \quad E_{\max}^0 = 201,65 + 5,6 = 207,25;$$

$$E^0 = 204,45 \pm 2,8$$

$$[z_7^{10(3)}]_{\max} = 0,9 + 5,6 + 5,6 + 1,15 + 1,15 = 14,4$$

$$[H]_{\min} = E_{\min}^{10(4)} - \Gamma_{\max}^5$$

$$169 = 190,85 - \Gamma_{\max}^5$$

$$\Gamma_{\max}^5 = 21,85; \quad \Gamma_{\min}^5 = 21,85 - 0,52 = 21,33;$$

$$\Gamma^5 = 21,59 \pm 0,26;$$

$$[z_3^5]_{\min} = \Gamma_{\min}^5 - B_{\max}^5 + B_{\min}^0 - \Gamma_{\max}^0$$

$$0,9 = 21,33 - 178 + 178,9 - \Gamma_{\max}^0$$

$$\Gamma_{\max}^0 = 21,33; \quad \Gamma_{\min}^0 = 21,33 - 3,2 = 18,13;$$

$$\Gamma^0 = 19,73 \pm 1,6;$$

$$[z_3^5]_{\max} = 0,9 + 0,52 + 1,15 + 5,6 + 3,2 = 11,37$$

$$[z_6^{10}]_{\min} = \mathcal{K}_{\min}^{10} - E_{\max}^{10(4)} + B_{\min}^5 - B_{\max}^0 + E_{\min}^0 - \mathcal{K}_{\max}^0$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

$$0,9 = 15,285 - 192 + 177 - 184,5 + 201,65 - \mathcal{K}_{\max}^0$$

$$\mathcal{K}_{\max}^0 = 16,535 ; \mathcal{K}_{\min}^0 = 16,535 - 2,8 = 13,735 ;$$

$$\mathcal{K}^0 = 15,135 \pm 1,4 ;$$

$$[z_6^{10}]_{\max} = 0,9 + 0,43 + 0,29 + 1,15 + 5,6 + 5,6 + 2,8 = 16,77$$

$$[z_{10}^{20}]_{\min} = K_{\min}^0 - K_{\max}^{20}$$

$$0,9 = K_{\min}^0 - 96,54$$

$$K_{\min}^0 = 97,44 ; K_{\max}^0 = 97,44 + 0,35 = 97,79 ;$$

$$K^0 = 97,79_{-0,35} ;$$

$$[z_{10}^{20}]_{\max} = 0,9 + 4,4 + 0,35 = 5,65$$

### 1.5.2 Диаметральный размерный анализ.

Схема диаметального размерного анализа представлена на рисунке 1.5.2.

Определим замыкающие звенья среди чертёжных размеров. На представленной схеме видно, что среди чертёжных размеров замыкающих звеньев нет.

Определим замыкающие звенья среди припусков:

$$[z_5^{10(6)}] = D^{10(5)} - (5^{10(5)}, 1^5) - (5^{10(6)}, 1^5) - D^{10(6)} ;$$

$$[z_5^{10(5)}] = D^{10(1)} - (5^{10(1)}, 1^5) - (5^{10(5)}, 1^5) - D^{10(5)} ;$$

$$[z_5^{10(1)}] = D^0 - (1^0, 5^0) - (1^0, 11^0) - (1^{5(6)}, 11^0) - (5^{10(1)}, 1^{5(6)}) - D^{10(1)} ;$$

$$[z_1^{5(6)}] = B^{5(6)} - (1^{5(6)}, 11^0) - (1^{5(5)}, 11^0) - B^{5(5)} ;$$

$$[z_1^{5(5)}] = B^{5(5)} - (1^{5(5)}, 11^0) - (1^{5(3)}, 11^0) - B^{5(3)} ;$$

$$[z_1^{5(3)}] = B^{5(3)} - (1^{5(3)}, 11^0) - (1^0, 11^0) - B^0 ;$$

$$[z_2^{5(4)}] = A^{5(4)} - 2(2^{5(4)}, 11^0) - (2^{5(2)}, 11^0) - A^{5(2)} ;$$

$$[z_2^{5(2)}] = A^{5(2)} - (2^{5(2)}, 11^0) - (1^0, 11^0) - (1^0, 2^0) - A^0 .$$

Определим минимальные припуски. Их минимальная величина определяется по формуле (2).

Величины  $R_z^{i-1}$  и  $h^{i-1}$  определим по таблицам 9 и 10 [1, с.34-35]:

$$[z_5^{10(6)}] = 32 + 32 = 64 \text{ мкм} = 0,064 \text{ мм} ;$$

$$[z_5^{10(5)}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм} ;$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27





$$[z_5^{10(1)}] = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм};$$

$$[z_1^{5(6)}] = 32 + 32 = 64 \text{ мкм} = 0,064 \text{ мм};$$

$$[z_1^{5(5)}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_1^{5(3)}] = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм};$$

$$[z_2^{5(4)}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_2^{5(2)}] = 500 + 400 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм}.$$

Теперь решаем уравнения и находим операционные размеры:

$$[z_5^{10(6)}]_{\min} = D_{\min}^{10(5)} - (S^{10(5)}, 1^5) - (S^{10(6)}, 1^5) - D_{\max}^{10(6)}$$

$$0,064 = D_{\min}^{10(5)} - 0,03 - 0,02 - 57,755$$

$$D_{\min}^{10(5)} = 57,869; D_{\max}^{10(5)} = 57,869 + 0,07 = 57,939;$$

$$D^{10(5)} = 57,939_{-0,07}; 2D^{10(5)} = 115,878_{-0,14};$$

$$[z_5^{10(6)}]_{\max} = 0,064 + 0,07 + 0,03 + 0,02 + 0,15 = 0,334$$

$$[z_5^{10(5)}]_{\min} = D_{\min}^{10(1)} - (S^{10(1)}, 1^5) - (S^{10(5)}, 1^5) - D_{\max}^{10(5)}$$

$$0,1 = D_{\min}^{10(1)} - 0,08 - 0,03 - 57,939$$

$$D_{\min}^{10(1)} = 58,149; D_{\max}^{10(1)} = 58,149 + 0,27 = 58,419;$$

$$D^{10(1)} = 58,419_{-0,27}; 2D^{10(1)} = 116,838_{-0,54};$$

$$[z_5^{10(5)}]_{\max} = 0,1 + 0,27 + 0,08 + 0,03 + 0,07 = 0,55$$

$$[z_5^{10(1)}]_{\min} = D_{\min}^0 - (1^0, 5^0) - (1^0, 11^0) - (1^{5(6)}, 11^0) - (S^{10(1)}, 1^{5(6)}) - D_{\max}^{10(1)}$$

$$0,9 = D_{\min}^0 - 0,8 - 1 - 0,02 - 0,08 - 58,419$$

$$D_{\min}^0 = 61,219; D_{\max}^0 = 61,219 + 2,5 = 63,719;$$

$$D^0 = 62,469 \pm 1,25; 2D^0 = 124,938 \pm 2,5;$$

$$[z_5^{10(1)}]_{\max} = 0,9 + 2,5 + 0,8 + 1 + 0,02 + 0,08 + 0,27 = 5,57$$

$$[z_1^{5(6)}]_{\min} = B_{\min}^{5(6)} - (1^{5(6)}, 11^0) - (1^{5(5)}, 11^0) - B_{\max}^{5(5)}$$

$$0,064 = 49,5 - 0,02 - 0,04 - B_{\max}^{5(5)}$$

$$B_{\max}^{5(5)} = 49,376; B_{\min}^{5(5)} = 49,376 - 0,027 = 49,349;$$

$$B^{5(5)} = 49,349_{+0,027}; 2B^{5(5)} = 98,698_{+0,054};$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

$$[z_1^{5(6)}]_{\max} = 0,064 + 0,087 + 0,02 + 0,04 + 0,027 = 0,238$$

$$[z_1^{5(5)}]_{\min} = B_{\min}^{5(5)} - (1^{5(5)}, 11^0) - (1^{5(3)}, 11^0) - B_{\max}^{5(3)}$$

$$0,01 = 49,349 - 0,04 - 0,08 - B_{\max}^{5(3)}$$

$$B_{\max}^{5(3)} = 49,246; B_{\min}^{5(3)} = 49,246 - 0,27 = 48,976$$

$$B^{5(3)} = 48,976^{+0,27}; 2B^{5(3)} = 97,952^{+0,54}$$

$$[z_1^{5(5)}]_{\max} = 0,1 + 0,027 + 0,04 + 0,08 + 0,27 = 0,517$$

$$[z_1^{5(3)}]_{\min} = B_{\min}^{5(3)} - (1^{5(3)}, 11^0) - (1^0, 11^0) - B_{\max}^0$$

$$0,9 = 48,976 - 0,08 - 1 - B_{\max}^0$$

$$B_{\max}^0 = 46,996; B_{\min}^0 = 46,996 - 2,2 = 44,796$$

$$B^0 = 45,896 \pm 1,1; 2B^0 = 91,792 \pm 2,2$$

$$[z_1^{5(3)}]_{\max} = 0,9 + 0,27 + 0,08 + 1 + 2,2 = 4,45$$

$$[z_2^{5(4)}]_{\min} = A_{\min}^{5(4)} - (2^{5(4)}, 11^0) - (2^{5(2)}, 11^0) - A_{\max}^{5(2)}$$

$$0,1 = 61,25 - 0,03 - 0,1 - A_{\max}^{5(2)}$$

$$A_{\max}^{5(2)} = 61,02; A_{\min}^{5(2)} = 61,02 - 0,315 = 60,705$$

$$A^{5(2)} = 60,705^{+0,315}; 2A^{5(2)} = 121,41^{+0,63}$$

$$[z_2^{5(4)}]_{\max} = 0,1 + 0,5 + 0,03 + 0,1 + 0,315 = 1,045$$

$$[z_2^{5(2)}]_{\min} = A_{\min}^{5(2)} - (2^{5(2)}, 11^0) - (1^0, 11^0) - (1^0, 2^0) - A_{\max}^0$$

$$0,9 = 60,705 - 0,1 - 1 - 0,8 - A_{\max}^0$$

$$A_{\max}^0 = 57,905; A_{\min}^0 = 57,905 - 2,5 = 55,405$$

$$A^0 = 56,655 \pm 1,25; 2A^0 = 113,31 \pm 2,5$$

$$[z_2^{5(2)}]_{\max} = 0,9 + 0,315 + 0,1 + 1 + 0,8 + 2,5 = 5,615$$

## 1.6 Выбор оборудования и оснастки

При выборе оборудования в первую очередь необходимо руководствоваться такими параметрами, как максимальный размер обрабатываемой детали, мощность двигателя станка, параметры точности, получаемые при обработке на данном оборудовании, возможность обработки конкретных поверхностей, стоимость и комплектация и т.п.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

Используя ресурсы сети Internet можно подобрать большое количество оборудования, удовлетворяющего требованиям. Необходимо также учитывать возможность приобретения подходящего оборудования (наличие на складе, возможно минимальная цена, сроки доставки, послепродажное обслуживание и т.п.).

Для 05 и 10 операций обработки балансира необходим станок с горизонтальной осью вращения шпинделя.

Принимаем горизонтальный токарно-револьверный станок с ЧПУ Goodway GA-2000M (рисунок 1.6.1). Станок подходит для обработки данной детали по всем параметрам и обладает сравнительно невысокой стоимостью (см. экономический раздел).



Рисунок 1.6.1 – Горизонтальный токарно-револьверный станок с ЧПУ Goodway GA-2000M

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

Таблица 1.6.1 - Основные технические характеристики горизонтального токарно-револьверного станка с ЧПУ Goodway GA-2000M

Максимальный диаметр устанавливаемой заготовки	580 мм
Максимальный диаметр точения	350 мм
Максимальная длина точения	610 мм
Привод шпинделя	Fanuc aP22 AC
Максимальная рабочая мощность (15 мин)	15 кВт
Масса станка	4000 кг
Система ЧПУ	Fanuc 0i-TB
Тип направляющих	Скольжения
Точность позиционирования	±0,005(±0,003)

Для 15, 25 и 30 операции обработки балансира необходим вертикально-сверлильный станок.

Принимаем вертикально-сверлильный центр Flott BC 40 Elite (рисунок 1.6.2). Станок подходит для обработки данной детали по всем параметрам и обладает сравнительно невысокой стоимостью.



Рисунок 1.6.2 – Вертикально-сверлильный центр Flott BC 40 Elite

Таблица 1.6.2 - Основные технические характеристики обрабатывающего центра Flott BC 40 Elite

Размер стола	700x400 мм
Мощность двигателя шпинделя	5,5 кВт
Число инструментов в магазине	12
Точность позиционирования	±0,005 мм
Частота вращения шпинделя	180-6000 об/мин
Масса станка	2000 кг
Система ЧПУ	Fanuc 21i-MB
Габариты станка	1300x1670x1680 мм
Время смены инструмента	1,5 с

Для 20 операции обработки балансира необходим фрезерный станок с двумя осями вращения шпинделя.

Принимаем двухосевой фрезерный станок с ЧПУ Leadwell MV-30i (рисунок 1.6.3). Станок подходит для обработки данной детали по всем параметрам и обладает сравнительно невысокой стоимостью.



Рисунок 1.6.3 – Фрезерный станок с ЧПУ Leadwell MV-30i

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

Таблица 1.6.3 - Основные технические характеристики фрезерного станка с ЧПУ Leadwell MV-30i

Размер стола	890x510 мм
Мощность двигателя шпинделей суммарная	22 кВт
Число инструментов в магазине	24
Точность позиционирования	±0,005 мм
Частота вращения шпинделей	100-4000 об/мин
Масса станка	4500 кг
Габариты станка	2600x1200x1820 мм
Время смены инструмента	5 с

Инструмент выбираем по каталогу [2]. Данный каталог представляет всю продукцию фирмы Sandvik. Там же подбираем необходимую оснастку для осевого инструмента (оправки, крепёжные элементы) и твердосплавные пластины. Также нам необходим и стандартный режущий инструмент (зенкеры, развёртки, метчики). Подробнее см. РТК и карты технологического процесса.

#### 1.7 Выбор и обоснование метода получения заготовки

Способ получения заготовки определяется типом производства и материалом детали и обеспечивает оптимальный технологический процесс механической обработки. Для корпусных деталей наиболее распространенный метод литья – литье в песчано-глинистые формы, отверждаемые в контакте с оснасткой.

Литье в песчано-глинистые или земляные формы применяется давно - это достаточно простой и отработанный способ литья, который, при правильной постановке литейного производства дает стабильные результаты литья. Отливка получается в результате заполнения полости литейной формы жидким металлом. После заливки жидкий металл охлаждается в форме и затвердевает, образуя отливку. Основные этапы этого вида литья - получение модели, изготовление литейной оснастки (ящички, литники), формовка, сборка формы, заливка металла и обработка полученной отливки.

Технические требования для отливки детали балансир задней подвески:

1. Точность отливки 11-0-16-0 ГОСТ 26645-85.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

- 2 Неуказанные литейные радиусы 3...4 мм.
- 3 Неуказанные формовочные уклоны по ГОСТ 3212-92.
- 4 Покрытие в форму УНИКОР-К ТУ2316-002-0-31953544-96.
- 5 Перекос по линии разъёма формы до 1,5мм.
- 6 Остаток питателя до 5мм, вылом до 5 мм.

Преимуществом литья в песчано-глинястые формы является универсальность способа. Этим способом получают отливки любой конфигурации, из любых металлов и любой массы. Формовочные материалы недефицитны и дешевы.

Недостатки способа: грубая поверхность отливки, сравнительно большой припуск на механическую обработку, большой расход металла на литники, очень низкие санитарно-гигиенические условия труда.

Применяется способ в индивидуальном и массовом производстве во всех отраслях промышленности.

## 1.8 Расчет режимов резания

1.8.1 Расчет режимов резания для токарной операции. Станок Goodway GA-2000M. Резец контурный проходной Sandvik-МКТС PDINL2020K15 с пластиной DCGT 11T300FN-PS (для расчета принимаем схожий резец-аналог с режущей частью из материала марки T15K6).

### 1 Глубина резания

Из расчетов размерного анализа выбираем наибольшие глубины резания при продольном и поперечном перемещении суппорта:

$$t_{\text{прод3}} = [z_1^{5(3)}]_{\text{max}} = 4,45 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод5}} = [z_1^{5(5)}]_{\text{max}} = 0,517 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод6}} = [z_1^{5(6)}]_{\text{max}} = 0,238 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод2}} = [z_2^{5(2)}]_{\text{max}} = 5,615 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод4}} = [z_2^{5(4)}]_{\text{max}} = 1,045 \text{ мм};$$

$$t_{\text{попер1}} = [z_4^5]_{\text{max}} = 7,65 \text{ мм};$$

$$t_{\text{попер2}} = [z_3^5]_{\text{max}} = 11,37 \text{ мм}.$$

### 2 Длина рабочего хода.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35



$$L_{п.х.} = L_{д\acute{a}\zeta} + L_{подв} + L_{врез} + L_{сход} ,$$

(3)

где  $L_{врез}$  - длина обработки;

$L_{подв}$  - величина подвода инструмента к детали;

$L_{врез}$  - величина врезания инструмента;

$L_{сход}$  - длина переработки.

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 1 (переходы 3, 5,

б):

$$L_{п.х.} = 170 + 3 + 4 + 3 = 180 \text{ мм};$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 2 (переходы 2,

4):

$$L_{п.х.} = 22 + 3 + 4 + 0 = 29 \text{ мм};$$

в) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$L_{п.х.} = 24,5 + 5 + 4 + 3 = 36,5 \text{ мм};$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 3:

$$L_{п.х.} = 12 + 0 + 0 + 4 = 16 \text{ мм}.$$

### 3 Величина подачи

Значение величины подачи определяется по таблице 12[2,с.365]:

$$S_{прод3} = 0,18 \text{ мм / об};$$

$$S_{прод5} = 0,4 \text{ мм / об};$$

$$S_{прод6} = 0,33 \text{ мм / об};$$

$$S_{прод2} = 0,18 \text{ мм / об};$$

$$S_{прод4} = 0,4 \text{ мм / об};$$

$$S_{попер1} = 0,75 \text{ мм / об};$$

$$S_{попер2} = 0,75 \text{ мм / об}.$$

### 4 Скорость резания

Скорость резания определяется по формуле:

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин.} \quad (4)$$

где  $C_v$  – постоянная;

$T$  – стойкость инструмента;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость.

Среднее значение стойкости инструмента для точения резцами из твердого сплава равно 60 мин.[2,с. 363].

Постоянная  $C_v$  и показатели степени  $x$ ,  $y$  и  $m$  берутся из таблицы 17[2,с.367].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (5)$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент качества обрабатываемого материала;

$K_{nv}$  – коэффициент состояния поверхности заготовки;

$K_{uv}$  – коэффициент материала режущей части;

а) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 1:

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_6} \right) = \frac{750}{550} = 1,36; \quad [\text{с.358-359}]; \text{ - одинаков для всех видов обработки;}$$

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156$$

$$V_{\text{прод3}} = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 4,45^{0,15} \cdot 0,18^{0,2}} \cdot 1,156 = 200,9 \text{ м/ мин}$$

б) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 1:

$$K_{mv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1 = 1,36$$

$$V_{\text{прод5}} = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,517^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,36 = 264,6 \text{ м/ мин}$$

в) для продольного перемещения при чистовой обработке поверхности 1:

$$K_{mv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1,15; [2, \text{ с. 361}];$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1,15 = 1,564$$

$$V_{\text{прод6}} = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,238^{0,15} \cdot 0,33^{0,35}} \cdot 1,564 = 365,6 \text{ м / мин}$$

г) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 2:

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156$$

$$V_{\text{прод2}} = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 5,615^{0,15} \cdot 0,18^{0,2}} \cdot 1,156 = 194,1 \text{ м / мин}$$

д) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 2:

$$K_{nv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1 = 1,36$$

$$V_{\text{прод4}} = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,045^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,36 = 238,1 \text{ м / мин}$$

е) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 4:

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156$$

$$V_{\text{попер1}} = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 7,65^{0,15} \cdot 0,75^{0,45}} \cdot 1,156 = 119,7 \text{ м / мин}$$

ж) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 3:

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156$$

$$V_{\text{попер2}} = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 11,37^{0,15} \cdot 0,75^{0,45}} \cdot 1,156 = 112,8 \text{ м / мин}$$

5 Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.}$$

(6)

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

где  $D$  - диаметр обрабатываемой детали, мм.

а) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 1:

$$n_{\text{прод}3} = \frac{1000 \cdot 200,9}{\pi \cdot 97,49} = 656 \text{ об / мин}$$

б) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 1:

$$n_{\text{прод}5} = \frac{1000 \cdot 264,6}{\pi \cdot 98,048} = 859,1 \text{ об / мин}$$

в) для продольного перемещения при чистовой обработке поверхности 1:

$$n_{\text{прод}6} = \frac{1000 \cdot 365,6}{\pi \cdot 99} = 1175,5 \text{ об / мин}$$

г) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 2:

$$n_{\text{прод}2} = \frac{1000 \cdot 194,1}{\pi \cdot 125,09} = 493,9 \text{ об / мин}$$

д) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 2:

$$n_{\text{прод}4} = \frac{1000 \cdot 238,1}{\pi \cdot 123} = 616,2 \text{ об / мин}$$

е) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 4:

$$n_{\text{попер}1} = \frac{1000 \cdot 119,7}{\pi \cdot 123} = 309,8 \text{ об / мин}$$

ж) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 3:

$$n_{\text{попер}2} = \frac{1000 \cdot 112,8}{\pi \cdot 152} = 236,2 \text{ об / мин}$$

## 6 Сила резания

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot k_p, \text{ Н} \quad (7)$$

Постоянная  $C_p$  и показатели степени  $x$ ,  $y$  и  $n$  берутся из таблицы 22[2,с.372].

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp}, \quad (8)$$

где  $k_{mp}$  - коэффициент, учитывающий влияние механических свойств

обрабатываемого материала;

$k_{\varphi p}$ ,  $k_{\gamma p}$ ,  $k_{\lambda p}$ ,  $k_{rp}$  - коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца.

а) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 1:

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

$$k_{mp} = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,79 \quad [2, .362];$$

$$k_{\phi p} = 0,94 \quad [2, \text{с.374}];$$

$$k_{\gamma p} = 1,1 \quad [2, \text{с.374}];$$

$$k_{\lambda p} = 1 \quad [2, \text{с.374}];$$

$$k_{rp} = 0,93 \quad [2, \text{с.374}].$$

$$k_p = 0,79 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,76$$

$$P_{z, \text{прод}3} = 300 \cdot 4,45^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 200,9^{-0,15} \cdot 0,76 = 127H$$

б) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 1:

$$P_{z, \text{прод}5} = 300 \cdot 0,517^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 264,6^{-0,15} \cdot 0,76 = 26H$$

в) для продольного перемещения при чистовой обработке поверхности 1:

$$P_{z, \text{прод}6} = 300 \cdot 0,238^1 \cdot 0,33^{0,75} \cdot 365,6^{-0,15} \cdot 0,76 = 9,8H$$

г) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 2:

$$P_{z, \text{прод}2} = 300 \cdot 5,615^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 194,1^{-0,15} \cdot 0,76 = 160,5H$$

д) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 2:

$$P_{z, \text{прод}4} = 300 \cdot 1,045^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 238,1^{-0,15} \cdot 0,76 = 31,5H$$

е) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 4:

$$P_{z, \text{попер}1} = 300 \cdot 7,65^1 \cdot 0,75^{0,75} \cdot 119,7^{-0,15} \cdot 0,76 = 686H$$

ж) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 3:

$$P_{z, \text{попер}2} = 300 \cdot 11,37^1 \cdot 0,75^{0,75} \cdot 112,8^{-0,15} \cdot 0,76 = 1028,2H$$

7 Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (9)$$

а) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 1:

$$N_{\text{прод}3} = \frac{127 \cdot 200,9}{1020 \cdot 60} = 0,417 \text{ кВт}$$

б) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 1:

$$N_{\text{прод}5} = \frac{26 \cdot 264,6}{1020 \cdot 60} = 0,112 \text{ кВт}$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

в) для продольного перемещения при чистовой обработке поверхности 1:

$$N_{\text{прод}6} = \frac{9,8 \cdot 365,6}{1020 \cdot 60} = 0,059 \text{ кВт}$$

г) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 2:

$$N_{\text{прод}2} = \frac{160,5 \cdot 194,1}{1020 \cdot 60} = 0,51 \text{ кВт}$$

д) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 2:

$$N_{\text{прод}4} = \frac{31,5 \cdot 238,1}{1020 \cdot 60} = 0,123 \text{ кВт}$$

е) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 4:

$$N_{\text{попер}1} = \frac{686 \cdot 119,7}{1020 \cdot 60} = 1,34 \text{ кВт}$$

ж) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 3:

$$N_{\text{попер}2} = \frac{1028,2 \cdot 112,8}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт}$$

8 Коэффициент использования станка по мощности

$$k_N = \frac{N_{\text{пр}}}{N_{\text{см}} \cdot \eta}, \quad (10)$$

где  $N_{\text{пр}}$  - принятая мощность станка, кВт;

$N_{\text{см}}$  - мощность станка по паспорту, кВт;

$\eta$  - КПД станка (0,75-0,85).

а) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 1:

$$k_N = \frac{0,417}{12 \cdot 0,8} = 0,04$$

б) для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 1:

$$k_N = \frac{0,112}{12 \cdot 0,8} = 0,011$$

в) для продольного перемещения при чистовой обработке поверхности 1:

$$k_N = \frac{0,059}{12 \cdot 0,8} = 0,006$$

г) для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 2:

$$k_N = \frac{0,51}{12 \cdot 0,8} = 0,05$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

д) для продольного перемещения при полуступенчатой обработке поверхности 2:

$$k_N = \frac{0,123}{12 \cdot 0,8} = 0,012$$

е) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 4:

$$k_N = \frac{1,34}{12 \cdot 0,8} = 0,14$$

ж) для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 3:

$$k_N = \frac{1,9}{12 \cdot 0,8} = 0,2$$

1.8.2 Расчет режимов резания для сверлильной операции №030. Станок вертикально-сверлильный станок Flott BC 40 Elite. Сверло CoroDrill 880-D0670L37.

1 Глубина резания

$$t = \frac{D}{2} = 3,35 \text{ мм};$$

2 Величина подачи

Значение величины подачи определяется по таблице 25 [2 с.381]:

S=0,18 мм/об.

3 Скорость резания

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин.} \quad (11)$$

где  $C_v$  – постоянная;

$T$  – стойкость инструмента;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость.

Среднее значение стойкости инструмента для сверления сверлами из быстрорежущей стали равно 25 мин. – таблица 30[2,с.415].

Постоянная  $C_v$  и показатели степени  $x$ ,  $y$  и  $m$  берутся из таблицы 28[2,с.383].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{ov},$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент качества обрабатываемого материала;

$K_{nv}$  – коэффициент состояния поверхности заготовки;

$K_{uv}$  – коэффициент материала режущей части;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		42

$K_{ov}$  – коэффициент, учитывающий влияние вида обработки на скорость резания.

$$K_{mv}=1,36 [2, \text{с.358-359}];$$

$$K_{nv}=1 [2, \text{с.361}];$$

$$K_{uv}=0,8 [2, \text{с.361}];$$

$$K_{ov}=1;$$

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,088.$$

$$V = \frac{7 \cdot 6,7^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} \cdot 1,088 = 28,4 \text{ м / мин}$$

4 Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.}$$

где  $D$ -диаметр сверла, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 28,4}{3,14 \cdot 6,7} = 1350 \text{ об / мин}$$

5 Крутящий момент

Определяется по формуле [2, с.385]:

$$M_{кр} = 10C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (12)$$

где  $C_M$  - постоянная;

$D$  - диаметр инструмента;

$K_p$  - коэффициент учитывающий фактические условия обработки.

$K_p = K_{mp}$ , табл.9. [2 с362].

Значения  $C_M$  и показатели степеней  $q, x, y$ -берем из табл. 32 [2 с.385].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,7^1 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 0,79 = 0,46 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6 Осевая сила. Определяется по формуле [2, с.386]:

$$P_0 = 10C_P \cdot S^y \cdot K_p, \quad (13)$$

где  $C_P$  - постоянная;

Значения  $C_P$  и показатели степеней  $x, y$  - берем из табл. 32 [2, с281]:

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,79 = 161,7 \text{ Н}.$$

7 Мощность резания

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43



$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ кВт} \quad (14)$$

$$N = \frac{0,46 \cdot 1350}{9750} = 0,06 < 7,5 \text{ кВт}$$

8 Коэффициент использования станка по мощности

$$k_N = \frac{N_{np}}{N_{cm} \cdot \eta},$$

где  $N_{np}$  - принятая мощность станка, кВт;

$N_{cm}$  - мощность станка по паспорту, кВт;

$\eta$  - КПД станка (0,75-0,85).

$$k_N = \frac{0,06}{7,5 \cdot 0,8} = 0,01$$

1.8.3 Расчет режимов резания для фрезерной операции с ЧПУ №020. Фрезерный станок с ЧПУ Leadwell MV-30i. Фреза торцовая CoroMill R245-125Q40-12M.

1 Глубина резания

Из расчетов размерного анализа выбираем наибольшие глубины резания при обработке поверхностей 10; 8 и 9:

$$t_{10} = [z_{10}^{20}]_{\max} = 5,65 \text{ мм};$$

$$t_{8,9} = 2 \cdot [z_{8,9}^{20}]_{\max} = 2 \cdot 5,65 = 11,3 \text{ мм}.$$

2 Длина рабочего хода

$$L_{p.x.} = L_{рез} + L_{подв} + L_{врез} + L_{сход},$$

где  $L_{рез}$  -длина обработки;

$L_{подв}$  -величина подвода инструмента к детали;

$L_{врез}$  -величина врезания инструмента;

$L_{сход}$  -длина переработки.

а) для обработки торцевой фрезой поверхности 10 ( $d_{\phi}=160$  мм):

$$L_{p.x.10} = 52 \cdot 2 + 54 + 5 + 0 + 5 = 168 \text{ мм}.$$

б) для обработки трехсторонней фрезой поверхностей 8 и 9 ( $d_{\phi}=120$  мм):

$$L_{p.x.8,9} = 40 + 5 + 0 + 0 = 45 \text{ мм}.$$

3 Величина подачи

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

Значение величины подачи берём из [3, с.220]:

Обработка поверхности 10:

а) По карте 56 [3, с.177] для обработки стали фрезой до 200мм числом зубьев фрезы до 20, шириной фрезерования до 120мм и глубиной резания до 8мм выбираем рекомендуемую подачу

$$S = 0,16 \text{ мм/зуб.}$$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $K_{Sm}=1,1$ ;
- материала режущей части фрезы  $K_{Si}=1$ ;
- главного угла в плане  $K_{S\phi}=0,85$ ;
- способа крепления пластины и наличия покрытия  $K_{Sp}=1$ ;
- схемы установки фрезы:  $K_{Sc}=1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{SB}=1,1$

$$\text{Тогда } S = 0,16 \times 1,1 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 1,1 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 61 [3, с.185] для обработки стали фрезой до 200мм числом зубьев фрезы до 20, шириной фрезерования до 120мм и глубиной резания до 8мм выбираем рекомендуемую подачу  $S = 0,4 \text{ мм/зуб.}$

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от твердости обрабатываемого материала  $K_{Sm}=0,8$ .

$$\text{Тогда } S = 0,4 \times 0,8 = 0,32 \text{ мм/об.}$$

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е.  $S = 0,16 \text{ мм/зуб.}$

Обработка поверхностей 8 и 9:

а) По карте 56 [3, с.177] для обработки стали фрезой до 200мм числом зубьев фрезы до 20, шириной фрезерования до 120мм и глубиной резания до 12мм выбираем рекомендуемую подачу

$$S = 0,11 \text{ мм/зуб.}$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $K_{Sm}=1,1$ ;
  - материала режущей части фрезы  $K_{Si}=1$ ;
  - главного угла в плане  $K_{S\phi}=0,85$ ;
  - способа крепления пластины и наличия покрытия  $K_{Sp}=1$ ;
  - схемы установки фрезы:  $K_{Sc}=1$ ;
  - отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{SB}=1,1$
- Тогда  $S = 0,11 \times 1,1 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 1,1 = 0,12$  мм/об.

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 61 [3, с.185] для обработки стали фрезой до 200мм числом зубьев фрезы до 20, шириной фрезерования до 120мм и глубиной резания до 12мм выбираем рекомендуемую подачу  $S = 0,3$  мм/зуб.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от твердости обрабатываемого материала  $K_{Sm}=0,8$ .

Тогда  $S = 0,3 \times 0,8 = 0,24$  мм/об.

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е.  $S = 0,12$  мм/зуб.

#### 4 Выбор скорости резания

Значение величины скорости резания берём из карты 65[3, с.188]:

##### 1) Обработка поверхности 10:

Для обработки стали торцевой фрезой с глубиной резания до 6,5 мм и подачей до 0,35 мм/зуб выбираем рекомендуемую скорость резания  $V=207$  м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $K_{Vm}=1,35$ ;
- материала режущей части фрезы  $K_{Vi}=1$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{Vп}=0,8$ ;
- главного угла в плане  $K_{V\phi}=0,95$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы  $K_{VT}=1,1$ ;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

- способа крепления пластины и наличия покрытия  $KV_p=1$ ;
- наличия охлаждения  $KV_{Ж}=1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $KV_B=1,3$ .

Тогда  $V = 207 \times 1,35 \times 1 \times 0,8 \times 0,95 \times 1,1 \times 1 \times 1,3 = 303,7$  мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 303,7}{\pi \cdot 160} = 604,5 \text{ об / мин.}$$

## 2) Обработка поверхностей 8 и 9:

Для обработки стали трехсторонней фрезой с глубиной резания до 12 мм и подачей до 0,15 мм/зуб выбираем рекомендуемую скорость резания  $V=244$  м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $KV_m=1,35$ ;
- материала режущей части фрезы  $KV_{и}=1$ ;
- состояния поверхности заготовки  $KV_{п}=0,8$ ;
- главного угла в плане  $KV_{\phi}=0,95$ ;
- периода стойкости режущей части фрезы  $KV_T=1,1$ ;
- способа крепления пластины и наличия покрытия  $KV_p=1$ ;
- наличия охлаждения  $KV_{Ж}=1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $KV_B=1,3$ .

Тогда  $V = 244 \times 1,35 \times 1 \times 0,8 \times 0,95 \times 1,1 \times 1 \times 1,3 = 358$  мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot 358}{\pi \cdot 120} = 950,1 \text{ об / мин.}$$

## 5 Выбор мощности резания

Значение величины мощности резания берём из той же карты 65 [3, с.188]:

### 1) Обработка поверхности 10:

Для обработки стали торцевой фрезой с глубиной резания до 6,5 мм и подачей до 0,35 мм/зуб выбираем рекомендуемую мощность резания  $N=35$  кВт.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $K_{Nм}=0,8$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{Nп}=0,8$ ;
- главного угла в плане  $K_{Nφ}=1,1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{NB}=0,7$ .

Тогда  $N = 35 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,1 \times 0,7 = 17,25$  кВт.

2) Обработка поверхностей 8 и 9:

Для обработки стали трехсторонней фрезой с глубиной резания до 12 мм и подачей до 0,15 мм/зуб выбираем рекомендуемую мощность резания  $N=52,7$  кВт.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала  $K_{Nм}=0,8$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{Nп}=0,8$ ;
- главного угла в плане  $K_{Nφ}=1,1$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{NB}=0,7$ .

Тогда  $N = 52,7 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,1 \times 0,7 = 26$  кВт.

6 Выбор силы резания. Значение величины силы резания берём из карты 67 [3, с.195]:

1) Обработка поверхности 10:

Для обработки стали фрезой до 200мм числом зубьев фрезы до 20, шириной фрезерования до 120мм, глубиной резания до 8мм и подачей свыше 0,3 мм/зуб выбираем рекомендуемую силу резания  $P_y = 9100$  Н.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части фрезы  $K_{Pи}=1$ ;
- главного угла в плане  $K_{Pφ}=0,95$ ;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{PB}=0,55$ ;
- отношения фактического количества зубьев к нормативному  $K_{PZ}=0,75$ ;

Тогда  $P_y = 9100 \times 1 \times 0,95 \times 0,55 \times 0,75 = 3566$  Н.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

2) Обработка поверхностей 8 и 9:

Для обработки стали фрезой до 200мм числом зубьев фрезы до 20, шириной фрезерования до 120мм, глубиной резания до 12мм и подачей до 0,2 мм/зуб выбираем рекомендуемую силу резания  $P_y = 6800 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части фрезы  $K_{Pи}=1$ ;

- главного угла в плане  $K_{Pф}=0,95$ ;

- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной  $K_{PВ}=0,55$ ;

- отношения фактического количества зубьев к нормативному  $K_{PZ}=0,75$ ;

Тогда  $P_y = 6800 \times 1 \times 0,95 \times 0,55 \times 0,75 = 2665 \text{ Н}$ .

7 Коэффициент использования станка по мощности

$$k_N = \frac{N_{np}}{N_{cm} \cdot \eta},$$

где  $N_{np}$  - принятая мощность станка, кВт;

$N_{cm}$  - мощность станка по паспорту, кВт;

$\eta$  - КПД станка (0,75-0,85).

1) Обработка поверхности 10:

$$k_N = \frac{17,25}{30 \cdot 0,8} = 0,72.$$

2) Обработка поверхностей 8 и 9:

$$k_N = \frac{26}{30 \cdot 0,8} = 1,08$$

Режимы резания для других операций определяются аналогично.

Режимы резания на все операции технологического процесса механической обработки балансира сведены в таблицу 1.8.

Таблица 1.8 - Режимы резания

№ оп-ции (название)	Название перехода	t, мм	s, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	D, мм	N, кВт	$\gamma_N$	$L_{p.x.}$ мм
005 токарная с ЧПУ	черн. раст-е 1	4,45	0,18	200,9	656	97,49	0,04	0,1	180
	получист. раст. 1	0,517	0,4	264,6	859,1	98,05	0,12	0,1	180
	чист. раст. 1	0,238	0,33	365,6	1175,5	99	0,06	0,1	180
	черн. раст. 2	5,615	0,18	194,1	493,9	125,09	0,51	0,1	29

№ оп-ции (название)	Название перехода	t, мм	s, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	D, мм	N, кВт	$\gamma_N$	$L_{p.x.}$ мм
Продолжение таблицы 1.8  010 токарная с ЧПУ	получист. раст. 2	1,045	0,4	238,1	616,2	123	0,13	0,1	29
	подрезка торца 3	7,65	0,75	119,7	309,8	123	1,34	0,15	36,5
	получист. раст. 4	1,27	0,75	112,8	236,2	152	1,9	0,2	16
	получист. раст. 5	1,25	0,2	223	599,6	118,44	0,14	0,04	20
	получист. точ-е 5	1,25	0,38	284,4	786,2	115,94	0,16	0,04	20
	чист. точ-е 5	0,37	0,31	390,3	1079	115,2	0,08	0,02	20
015 свер- лильная с ЧПУ	черн. подр. торца 7	6,47	0,7	167,2	416	128	1,66	0,2	14
	получист. подр. торца 7	1,8	0,4	178,3	492,9	115,2	0,2	0,03	16
	сверление	4,2	0,18	28,4	1077	8,4	0,06	0,1	24
	зенкование	2	0,3	48	1019	15	0,1	0,1	6
020 фр-я с ЧПУ	зенкерование	1	0,22	35,7	1307	8,7	0,08	0,1	21
	резьбонарезание (к 1/8)	1	1	18,9	614,2	9,8	0,06	0,1	20
025 сверл. с ЧПУ	фрезерование плоскости	5,65	0,16	303,7	604,5	160	0,72	0,09	168
	фрезерование паза	11,3	0,12	358	950,1	120	1,08	0,14	45
	сверление	7,25	0,15	43,6	957,6	14,5	0,1	0,1	35
	зенкование	3	0,3	48	611,5	25	0,1	0,1	6
030 сверл. с ЧПУ	зенкерование	0,25	0,22	35,7	758	15	0,1	0,1	30
	развертывание	0,1	0,15	56,5	1200	15	0,1	0,1	30
	сверление	3,35	0,18	28,4	1350	6,7	0,06	0,1	27
	зенкование	2	0,3	48	1019	15	0,1	0,1	6
030 сверл. с ЧПУ	зенкерование	1	0,22	35,7	1696	6,7	0,08	0,1	24
	резьбонарезание	1	1	18,9	752,4	8	0,06	0,1	24

## 1.9 Нормирование

В серийном производстве для нормирования изготовления деталей используют штучно-калькуляционное время:

$$t_{шт.-к.} = t_{шт.} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (15)$$

где  $t_{шт.}$  - штучное время, т.е. время собственно, необходимое на выполнение операции;

$T_{н.з.}$  - подготовительно-заключительное время – время на наладку станка для определённой операции. При технологически сходных операциях может быть уменьшено на 30-50%;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

n – количество деталей в партии, обрабатываемых при одной настройке станка.

$t_{ум.}$  рассчитывается по формуле:

$$t_{ум.} = t_0 + t_{\epsilon} + t_{обс} + t_{отл},$$

где  $t_{\epsilon}$  - вспомогательное время:

$$t_{\epsilon} = t_{\epsilon_1} + t_{\epsilon_2} + t_{\epsilon_3}, \text{ мин.} \quad (16)$$

где  $t_{\epsilon_1}$  - время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{\epsilon_2}$  - время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента);

$t_{\epsilon_3}$  - время, связанное с измерением.

Для примера произведём нормирование перехода фрезерование опорной плоскости на 5 операции.

Основное время  $t_0$  рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{п.х.}}{n \cdot s}; \quad (17)$$

а) Для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 1:

$$t_0 = \frac{180}{656 \cdot 0,18} = 1,52 \text{ мин}$$

б) Для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 1:

$$t_0 = \frac{180}{859,1 \cdot 0,4} = 0,52 \text{ мин}$$

в) Для продольного перемещения при чистовой обработке поверхности 1:

$$t_0 = \frac{180}{1175,5 \cdot 0,33} = 0,46 \text{ мин}$$

г) Для продольного перемещения при черновой обработке поверхности 2:

$$t_0 = \frac{29}{493,9 \cdot 0,18} = 0,33 \text{ мин}$$

д) Для продольного перемещения при получистовой обработке поверхности 2:

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51



$$t_0 = \frac{29}{616,2 \cdot 0,4} = 0,12 \text{ мин}$$

е) Для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 4:

$$t_0 = \frac{36,5}{309,8 \cdot 0,75} = 0,16 \text{ мин}$$

ж) Для поперечного перемещения при черновой обработке поверхности 3:

$$t_0 = \frac{16}{236,2 \cdot 0,75} = 0,09 \text{ мин}$$

$$\sum t_0 = 3,2 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время  $t_a$  рассчитывается по формуле 17:

$t_{e_3}$  - время, связанное с измерением;

$t_{e_1} = 0,5$  [4, карта 2];

$t_{e_2} = 0,86$  [4, карта 18];

$t_{e_3} = 1,14$  [4, карта 86];

$$t_e = 0,5 + 0,86 + 1,14 = 2,5 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{опер.}} = t_o + t_{\text{всп.}}, \text{ мин.}$$

(18)

где  $t_{\text{опер.}}$  - оперативное время.

$$t_{\text{опер.}} = 3,2 + 2,5 = 5,7 \text{ мин.}$$

$t_{\text{обс}}$  - время, связанное с обслуживанием (уборка стружки и т.д.):

$$t_{\text{обс}} = 0,123 \cdot 5,7 = 0,7 \text{ мин.} \quad [4, \text{ карта } 19].$$

$t_{\text{отл}}$  - время на отдых и личные надобности:

$$t_{\text{отл}} = 0,04 \cdot 5,7 = 0,23 \text{ мин.} \quad [4, \text{ карта } 87].$$

$t_{\text{шт}}$  - штучное время:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{опер.}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отл}}, \text{ мин.}$$

(20)

$$t_{\text{шт}} = 5,7 + 0,7 + 0,23 = 6,63 \text{ мин.}$$

$T_{\text{п.з}}$  - подготовительно-заключительное время, т.е. время на подготовку и наладку оборудования (время в условиях серийного производства):

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

$T_{н.з} = 14 \text{ мин.}$  [4, карта 19].

Нормирование остальных операций производится аналогично.

Времена по всем операциям приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 - Нормирование операций обработки

№	Название операции	$t_0$ , мин.	$t_в$ , мин.	$t_{опер.}$ , мин.	$t_{обс.}$ , мин.	$t_{отл.}$ , мин.	$t_{шт.}$ , мин.	$T_{н.з.}$ , мин.
005	Токарная с ЧПУ	3,2	2,5	5,7	0,7	0,23	6,63	14
010	Токарная с ЧПУ	2,66	2,1	4,76	0,59	0,19	5,54	14
015	Сверлильная с ЧПУ	1,06	0,6	1,66	0,2	0,07	1,93	11
020	Фрезерная с ЧПУ	2,36	1,49	3,85	0,47	0,15	4,47	16
025	Сверлильная с ЧПУ	1,38	1,1	2,48	0,3	0,1	2,88	11
030	Сверлильная с ЧПУ	2,81	1,86	4,67	0,57	0,19	5,43	11
035	Контрольная	-	1,5	1,5	0,19	0,06	1,75	-
040	Промывочная	0,5	0,2	0,7	0,09	0,03	0,82	-
045	Маркирование	0,5	-	0,5	0,06	0,02	0,58	-
	Итого:	14,47	11,35	25,82	3,17	1,04	<b>30,03</b>	

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Расчет и проектирование станочного приспособления для токарной операции.

Определим усилие зажима по формуле (рисунок 2.1) [2, с.377]:

$$P_3 = \frac{2 \cdot k \cdot M}{n \cdot D \cdot f}, \quad (19)$$

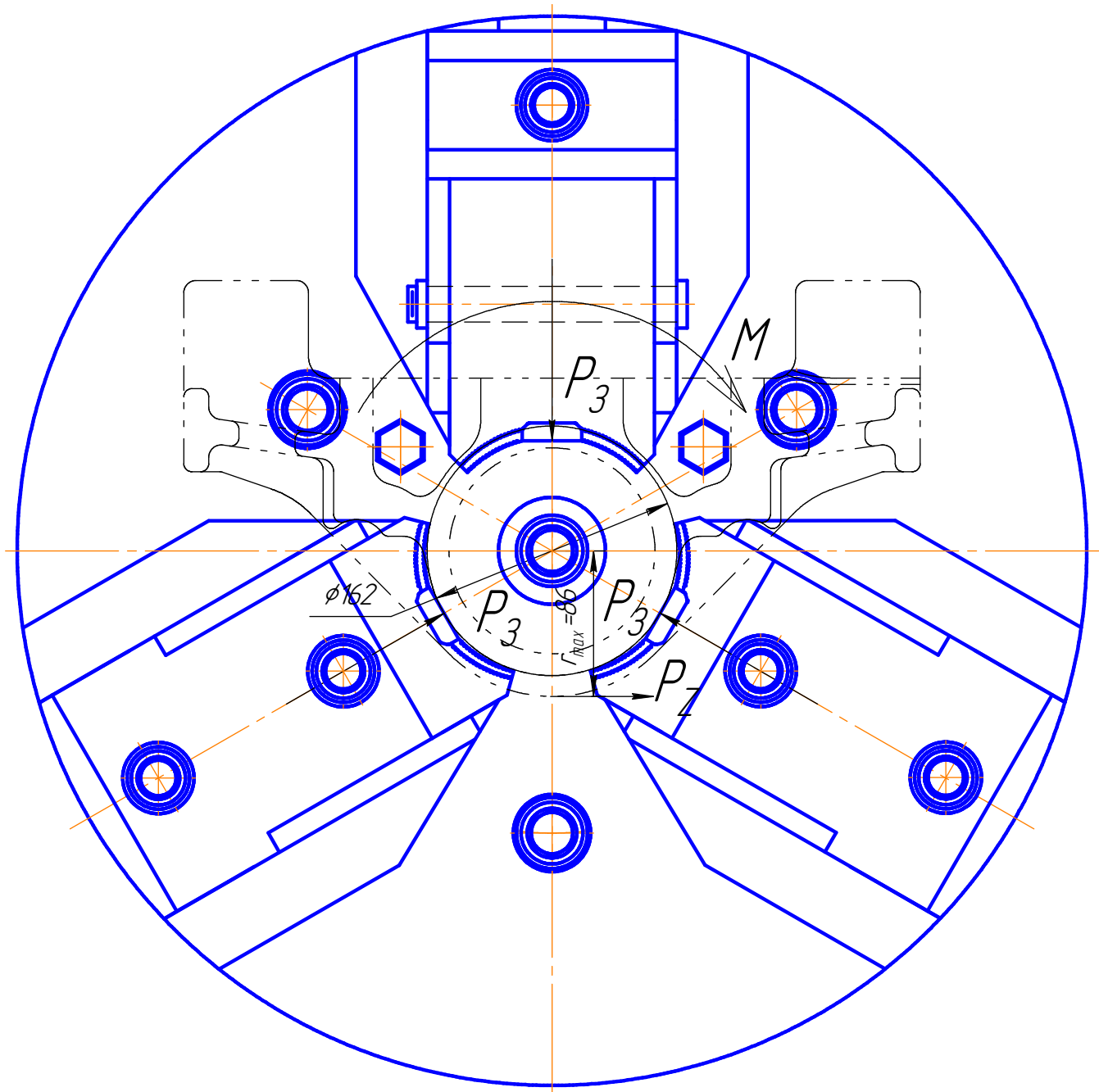


Рисунок 2.1-Схема расчета усилия закрепления.

где  $f = 0,3$  - коэффициент трения между деталью и кулачками приспособления

$D=162\text{мм}$  – контактный диаметр детали;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

54

$n=3$  - количество кулачков в патроне;

$M$  - крутящий момент; определяется по формуле:

$$M = P_z \cdot r,$$

где  $P_z=6367\text{Н}$  - максимальная окружная сила резания;

$r$  - радиус детали,  $r=172/2=86$  мм;

$$M = 6367 \cdot 86 = 547562\text{Нмм}.$$

$k$ - коэффициент, учитывающий неоднородность качества материалов, изменение положений опорных реакций в результате отклонений реальных технологических баз от идеальной геометрической формы и т.д.:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

где  $k_0=1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1$ - коэффициент, учитывающий состояние технологической базы. При чистовых базах  $k_1=1$ ;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления инструмента ( $k_2=1,5$ );

$k_3$  - коэффициент, учитывающий ударную нагрузку на инструмент при обработке прерывистых поверхностей ( $k_3=1$ );

$k_4$  - коэффициент, учитывающий стабильность силового привода. При механизированном приводе  $k_4=1$ ;

$k_5$  - коэффициент, учитывающий наличие момента, стремящегося повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси. При установке на опоры с ограниченными поверхностями контакта  $k_5=1$ .

$$k = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,25 ;$$
$$P_3 = \frac{2 \cdot 2,25 \cdot 547562}{3 \cdot 162 \cdot 0,3} = 16900\text{Н}$$

Усилие на штоке цилиндра определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма (рисунок 3):

$$P_{ум} = \frac{n \cdot P_3 \cdot l_2}{l_1}, \quad (20)$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

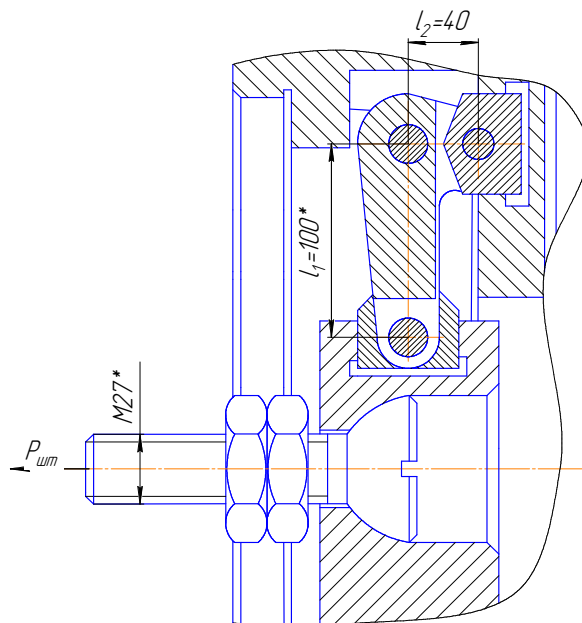


Рисунок 2.2- Схема определения усилия на штоке цилиндра и расчета передаточно-

$$P_{ум} = \frac{3 \cdot 16900 \cdot 40}{100} = 20280 \text{ Н.}$$

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле [3, с.86]:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{P_{ум}}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \quad (21)$$

где  $\rho$  - давление воздуха ( $\rho=0,49$  МПа).

$\eta$ -КПД. ( $\eta=0,9$ )

$d$ -диаметр штока (принимаем  $d=30$ мм)

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{20280}{3,14 \cdot 0,49 \cdot 0,9}} = 93,26 \text{ мм.}$$

Диаметр цилиндра принимается из стандартного ряда.

Принимаем  $D_{ц}=100$  мм.

## 2.2 Расчет и проектирование станочного приспособления для операции №020 Фрезерная с ЧПУ

Проектируемое приспособление предназначено для закрепления детали «балансир задней подвески» на фрезерной операции с ЧПУ на станке Leadwell MV-30i.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

Деталь устанавливается на оправку, затем при помощи гидроцилиндра происходит ее закрепление.

Схема базирования на операции представлена на рисунке 2.3. Базирование – полное. Деталь лишена 6-ти степеней свободы. Точки 1, 2, 3 и 4 – двойная направляющая база; 5 и 6 – опорные базы.

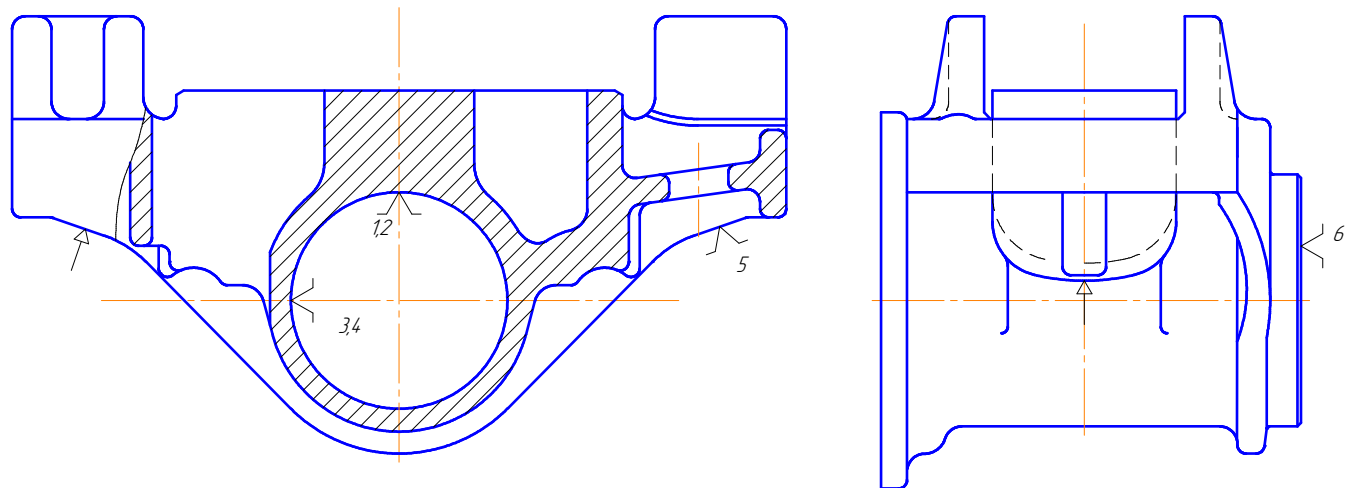


Рисунок 2.3 – Схема базирования

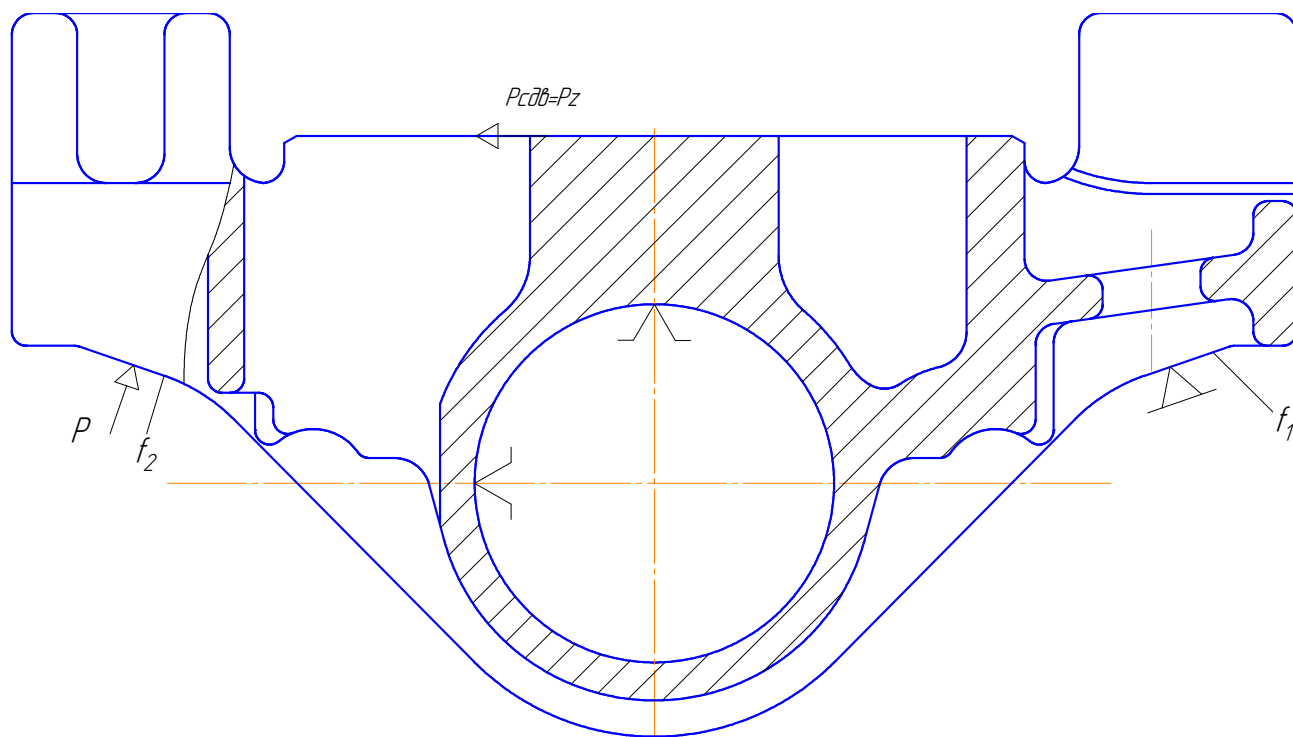


Рисунок 2.3-Схема расчета усилия закрепления при фрезеровании.

Определим усилие зажима по формуле (рисунок 2.1) [5, с.379]:

$$Q = \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2}, \quad (22)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

57

где  $P$  – сдвигающая сила. Принимается наибольшая сила, создаваемая режущим инструментом на операции;  $P=3566$  Н.

$f_1$  - коэффициент трения между деталью и опорой приспособления  
( $f_1=0,3$ );

$f_2$  - коэффициент трения между поверхностью зажимного элемента и деталью.  
( $f_2 = 0,16$ );

$k$  - коэффициент, учитывающий неоднородность качества материалов, изменение положений опорных реакций в результате отклонений реальных технологических баз от идеальной геометрической формы и т.д.:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5,$$

где  $k_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1$  - коэффициент, учитывающий состояние технологической базы.

При чистовых базах  $k_1=1$ ;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания в следствии затупления инструмента ( $k_2=1,6$ );

$k_3$  - коэффициент, учитывающий ударную нагрузку на инструмент при обработке прерывистых поверхностей ( $k_3=1,2$ );

$k_4$  - коэффициент, учитывающий стабильность силового привода.

При механизированном приводе  $k_4=1$ ;

$k_5$  - коэффициент, учитывающий наличие момента, стремящегося повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси. При установке на опоры с ограниченными поверхностями контакта  $k_5=1$ .

$$k = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,88.$$

$$Q = \frac{2,88 \cdot 3566}{0,18 + 0,18} = 28528 \text{ Н}.$$

Усилие зажима на штоке равно усилию зажима (см. чертеж):

$$Q_{um} = Q; \tag{22}$$

$$Q_{um} = 28528 \text{ Н}.$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

Так как пуск масла производится в бесштоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \quad (23)$$

где  $\rho$  - давление масла ( $\rho=6$  МПа).

$\eta$ -КПД. ( $\eta=0,9$ )

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{28528}{3,14 \cdot 6 \cdot 0,9}} = 47,9 \text{ мм.}$$

Диаметр цилиндра принимается из стандартного ряда.

Принимаем  $D_{ц}=50$ мм.

### 2.3 Расчет контрольного приспособления для проверки торцевого биения и несоосности

Спроектированное контрольное приспособление контролирует биение обоих торцев балансира задней подвески автомобиля «Урал» (по чертежу - не более 0,1 мм при установке детали на оправку) и несоосности базового отверстия и шейки (по чертежу – 0,12мм).

При расчете приспособления необходимо чтобы выполнялось условие [7, с 122]:

$$\Delta_{изм} < [\Delta]_{изм},$$

где -  $[\Delta]_{изм}$  – допускаемое значение погрешности измерения [7, с 122]:

$$[\Delta]_{изм} = kT, \quad (24)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий точность размеров,  $k=0,25$ ;

$T$  - допуск на контролируемый параметр;

$\Delta_{изм}$  - общая погрешность контрольного приспособления [7, с 122];

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_p^2 + \Delta_s^2 + \Delta_n^2}, \quad (25)$$

где –  $\varepsilon$  погрешность положения детали в контрольном приспособлении:

$$\varepsilon = \varepsilon_б + \varepsilon_з + \varepsilon_{np1} + \varepsilon_{np2}, \quad (26)$$

где  $\varepsilon_б$  – погрешность базирования,  $\varepsilon_б=0$ , так как совпадает измерительная и конструкторская базы;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59



$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления,  $\varepsilon_3=0$ , так как для закрепления детали в данном приспособлении используется цанга;

$\varepsilon_{пр1}$  – погрешность, учитывающая погрешность изготовления установочных элементов. Здесь  $\varepsilon_{пр1}$  – погрешность, связанная с биением подшипников качения – для подшипника 46310 ГОСТ 831-75:

$$\Delta_{подш} = 0,016 \text{ мм.};$$

$\varepsilon_{пр2}$  – погрешность взаимного расположения установочных элементов для установки измерительных приборов. Поскольку посадка детали осуществляется на цанговую оправку, то погрешность установки  $\varepsilon_{пр2}=0$ . В нашем случае:

$$\varepsilon = 0+0+0,016+0=0,016 \text{ мм};$$

$\Delta_p$  – погрешность в следствии неточности изготовления передаточных механизмов. Так как передаточных механизмов нет, то  $\Delta_p=0$ .

$\Delta_\varepsilon$  – погрешность изготовления эталона, служащего для настройки приспособления; так как эталона нет, то  $\Delta_\varepsilon =0$ ;

$\Delta_{п}$  – погрешность, вызываемая неточностью показаний прибора.

Выбираем в качестве измерительного устройства индикатор 1-МИГ-0 ГОСТ 9696-82 часового типа с ценой деления 0,001мм и пределами измерения 0...1 мм.

По точности исполнения этот индикатор относится к нулевому классу точности, т.е. погрешность при повороте стрелки на 1 оборот=0,002 мм.

$$\Delta_{п} = 0,002.$$

$$\Delta_{изм.} = \sqrt{0,016^2 + 0,002^2} = 0,017 \text{ мм}$$

Для биения торцев:

$$0,017 < 0,25 \cdot 0,1 = 0,025 \text{ – условие выполняется.}$$

Для несоосности:

$$0,017 < 0,25 \cdot 0,12 = 0,03 \text{ – условие выполняется.}$$

## 2.4 Расчет и проектирование схвата промышленного робота

Для данной детали (балансир задней подвески автомобиля «Урал») должен быть спроектирован схват.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

Схват должен обеспечивать точное положение оси симметрии детали. В таких схватах должно обеспечиваться одновременное перемещение всех губок в направлении плоскости симметрии, поэтому выбираем центрирующий схват.

Так как проектируется схват для массового производства, для конкретной детали и для конкретной операции, то можно выбрать узкодиапазонный схват.

Масса заготовки детали составляет 22,5кг, поэтому привод используем пневматический, использующий цеховой сетевой сжатый воздух давлением 0,4МПа.

Захватное устройство предназначено для взятия детали из автоматизированного накопителя, последовательного закрепления и снятия детали после обработки на станках, снятия детали после обработки и складирования в другой накопитель.

Выбираем схват со следующей схемой рычажного механизма:

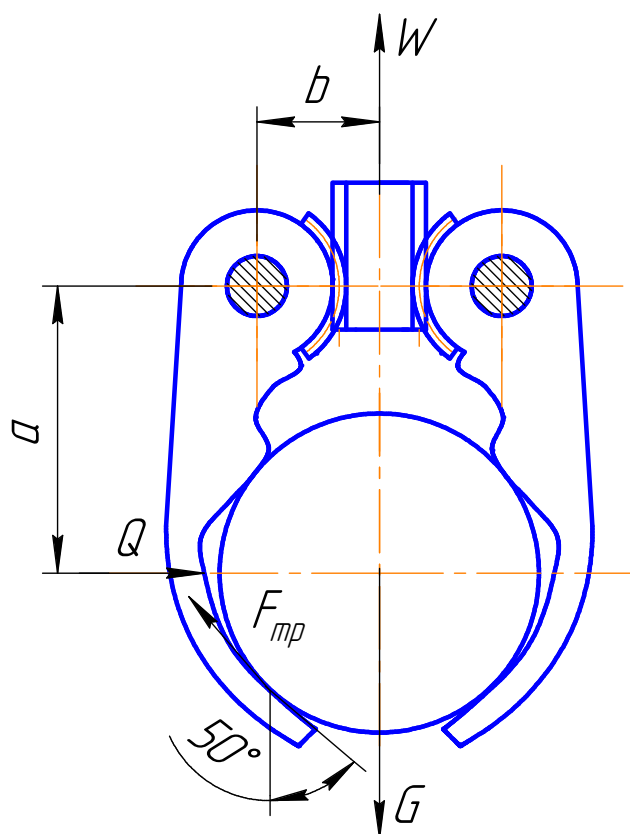


Рисунок 2.5 - Расчетная схема рычажного механизма схвата

Расчет потребного усилия захвата заготовки и приводного пневмоцилиндра

Рассчитаем силу зажима, она должна быть достаточной, чтобы исключить сдвиг заготовки.

$$\sum F_i = 0; \quad (47)$$

$$F_{\text{зж}} = Q \cdot f \cdot \sin 50^\circ, \quad (48)$$

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

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

61

где  $F_{тр}$  – сила трения детали об губки схвата;

$Q$  – необходимая сила зажима;

$f$  – коэффициент трения.

$$G - 2 \cdot F_{mp} = 0, \quad (49)$$

где  $G$  – вес детали;

$$G - 2 \cdot Q \cdot f \cdot \sin 50^\circ = 0$$
$$Q = \frac{G \cdot k}{2 \cdot f \cdot \sin 50^\circ}, \quad (50)$$

где  $k$  – общий коэффициент зажима:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (51)$$

где  $k_1$  - коэффициент безопасности,  $k_1 = 1,7$ ;

$k_2$  - коэффициент, зависящий от максимального ускорения, с которым робот перемещает закрепленную в захвате заготовку,  $k_2 = 1,4$ ;

$k_3$  - коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки,  $k_3 = 1,8$  (см. [5], с. 506).

$f$  - коэффициент трения,  $f = 0,4$  (см. [5], с. 85);

$$Q = \frac{22,5 \cdot 9,81 \cdot 1,7 \cdot 1,4 \cdot 1,8}{2 \cdot 0,4 \cdot \sin 50^\circ} = 1542H$$

Определим усилие на штоке захватного устройства  $W$  (см рис. 2).

Усилие на штоке цилиндра определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма (рис. 2):

$$W = \frac{Q \cdot a}{b}, \quad (52)$$

где  $a$  и  $b$  – плечи передаточного механизма;  $a=90$ мм;  $b=45$ мм (определено конструктивно). Тогда:

$$W = \frac{1542 \cdot 90}{45} = 3086H.$$

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot p \cdot \eta; \quad (53)$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (54)$$

где  $p$  - давление воздуха на поршень,  $p = 0,4$  МПа;

$\eta$  - КПД пневмоцилиндра,  $\eta = 0,9$ ;

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 3086}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 104$$

Принимаем  $D_{ц}$  из стандартного ряда.  $D_{ц} = 125$  мм.

Диаметр штока принимается из соотношения:

$$d_{шт} = 0,3D_{ц}; \quad (55)$$

$$d_{шт} = 0,3 \cdot 125 = 38 \text{ мм.}$$

Действительная сила на штоке пневмоцилиндра, исходя из формулы 7, равна:

$$W = \frac{D_u^2 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{125^2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}{4} = 4415 \text{ Н}$$

Определение усилий в элементах схвата и его конструктивных параметров.

Усилие, действующее на оси схвата находим из суммы проекций сил на оси X и Y:

$$\Sigma F_x = Q - F_{Ax} = 0;$$

$$\Sigma F_y = W - G - F_{Ay} = 0,$$

откуда:

$$F_{Ax} = Q;$$

$$F_{Ay} = W - G.$$

$$F_{Ax} = 1542;$$

$$F_{Ay} = 3086 - 22,5 \cdot 9,81 = 2865.$$

Суммарная нагрузка в шарнире:

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2};$$

$$F_A = \sqrt{1542^2 + 2865^2} = 3253 \text{ Н.}$$

Диаметр осей выбираем из расчета на срез:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_A}{\pi \cdot [\tau_{ср}]}}$$

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

где  $[\tau_{cp}]$  - допустимое напряжение среза для стали 45  $[\tau_{cp}] = 120 \text{ МПа}$ ;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3253}{3,14 \cdot 120}} = 5,9 \text{ мм.}$$

Такой размер осей слишком мал. Конструктивно принимаем  $d = 10 \text{ мм}$ .

Проверяем шарниры на смятие, принимая допускаемое напряжение на смятие для стали 45  $[\sigma_{см}] = 80 \text{ МПа}$ :

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_{ш} \cdot b},$$

где  $b = 16 \text{ мм}$  – принятая ширина оси;

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 3253}{3,14 \cdot 10 \cdot 16} = 16 \text{ МПа} \ll 80 \text{ МПа.}$$

Губки схвата контактируют с деталью и от их конструкции во многом зависит точность и надежность работы схвата. При конструировании следует учитывать, что на губки действуют значительные нормальные усилия и силы инерции, которые сдвигают губки со своего места. С другой стороны, губки должны обеспечить наибольшую силу трения. Что позволит уменьшить размеры элементов схвата. Поэтому в конструкции крепления губок необходимо предусмотреть их жесткую фиксацию, выполнение рабочей поверхности губок с высокой твердостью и возможностью их быстрой и легкой замены.

Размеры губок определяют исходя из расчета на контактную прочность:

$$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot E_{np}}{l \cdot d}},$$

где  $E_{np} = \frac{2 \cdot E_{г} \cdot E_{д}}{E_{г} + E_{д}}$  - приведенный модуль упругости материала губок схвата и

материала детали;  $E_{г} = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  (сталь 40Х),  $E_{д} = 2,12 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  (сталь 35Л);

$$E_{np} = \frac{2 \cdot 2,15 \cdot 10^5}{2,15 \cdot 10^5 + 2,12 \cdot 10^5} = 2,13 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

$d$  – диаметр детали;

$l$  – ширина губок схвата.

$\sigma = 650 \text{ МПа}$  (сталь 40Х).

Ширина губок схвата:

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot Q \cdot E_{np}}{d \cdot \sigma^2};$$

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot 1542 \cdot 2,13 \cdot 10^5}{115,2 \cdot 650^2} = 3,3 \text{ мм.}$$

Такой размер губок конструктивно слишком мал. Конструктивно принимаем две губки с  $l=7$ мм.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

### 3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### 3.1 Выполнить симуляцию механической обработки на станке с ЧПУ

Для визуализации выполнения механической обработки используется программа FeatureCAM

025 Операция. Фрезерная с ЧПУ. Фрезерование торца балансира задней подвески автомобиля «Урал»:

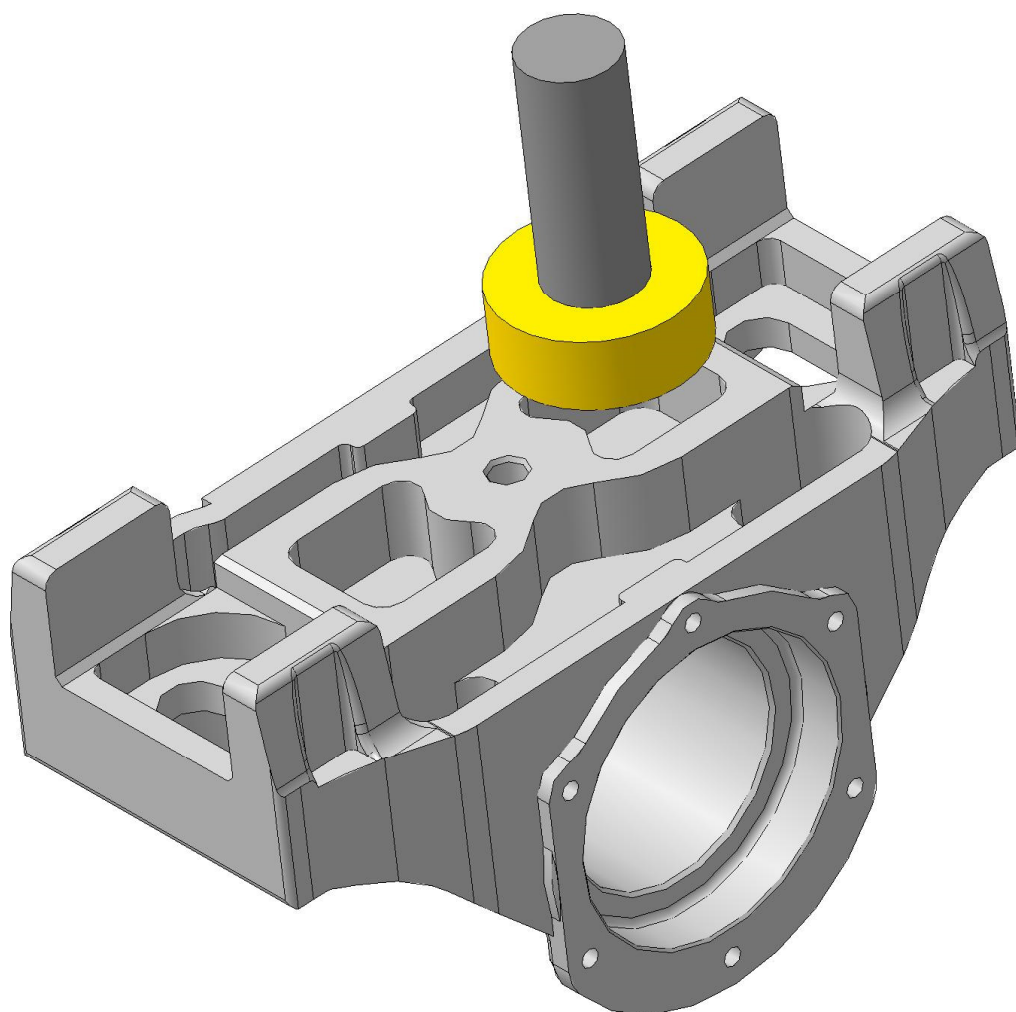


Рисунок 3.1 - 025 операция. Фрезерование торца

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

66

010 Операция. Токарная с ЧПУ. Расточка отверстия балансира задней подвески автомобиля «Урал»:

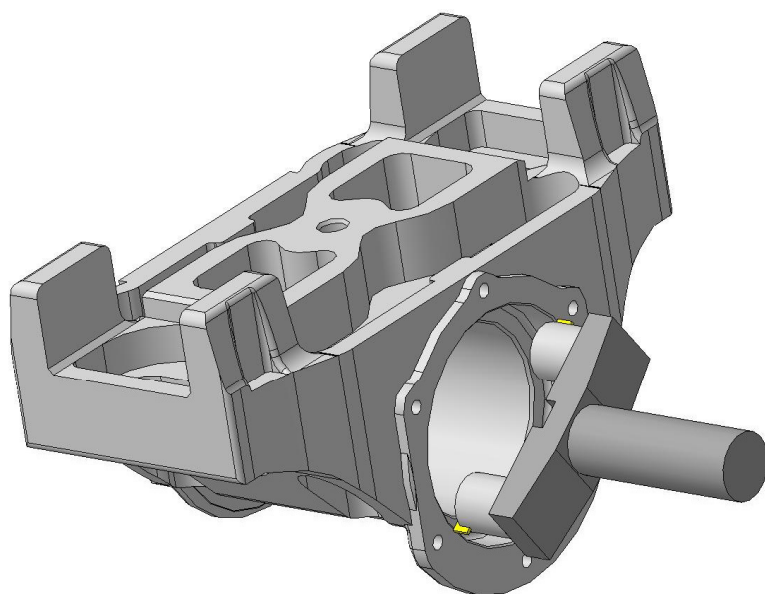


Рисунок 3.2 - 010 операция. Расточка отверстия

035 Операция. Сверлильная с ЧПУ. Сверление отверстия 6,7мм:

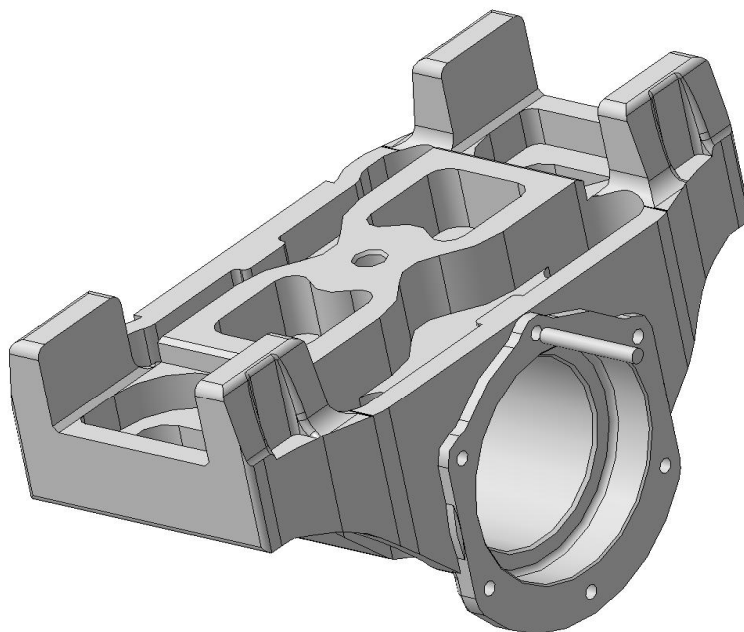


Рисунок 3.3 - 035 операция. Сверление отверстия 6,7мм

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67



030 Операция. Сверлильная с ЧПУ. Зенкование фаски:

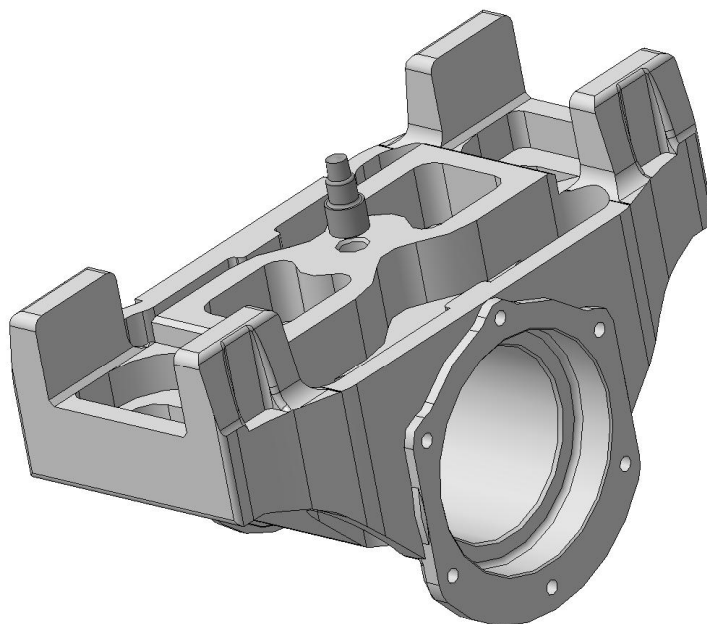


Рисунок 3.4 - 030 операция. Зенкование фаски:

035 Операция. Сверлильная с ЧПУ. Нарезание резьбы М12:

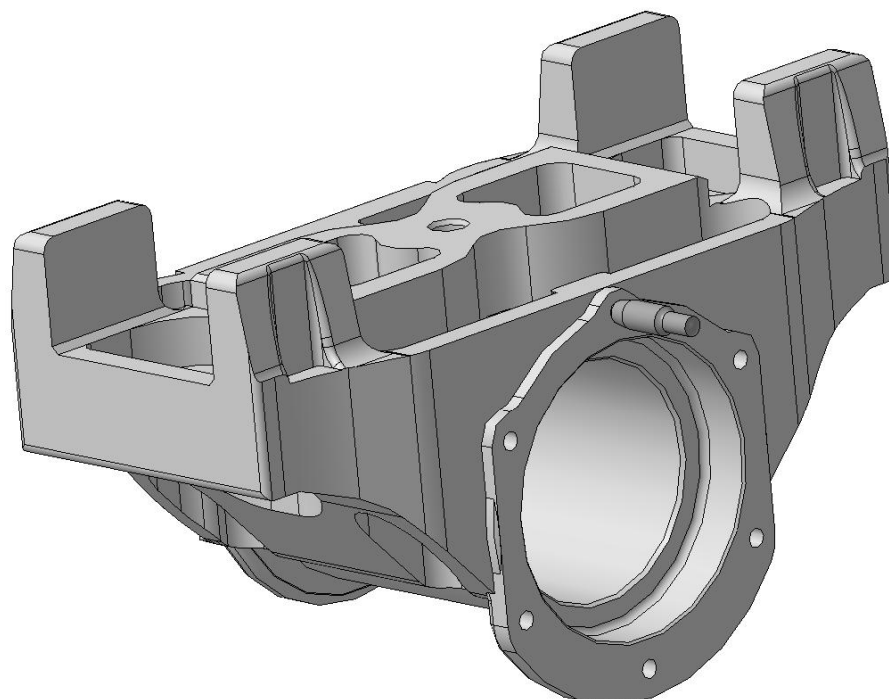


Рисунок 3.5 - 035 операции. Нарезание резьбы М12

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

### 3.2 Построить 3D модель контрольного приспособления

3D модель контрольного приспособления была разработана в программе Kompas-3D. Для создания сборки необходимо создать 3D модели деталей входящих в приспособления (рисунок 3.5)

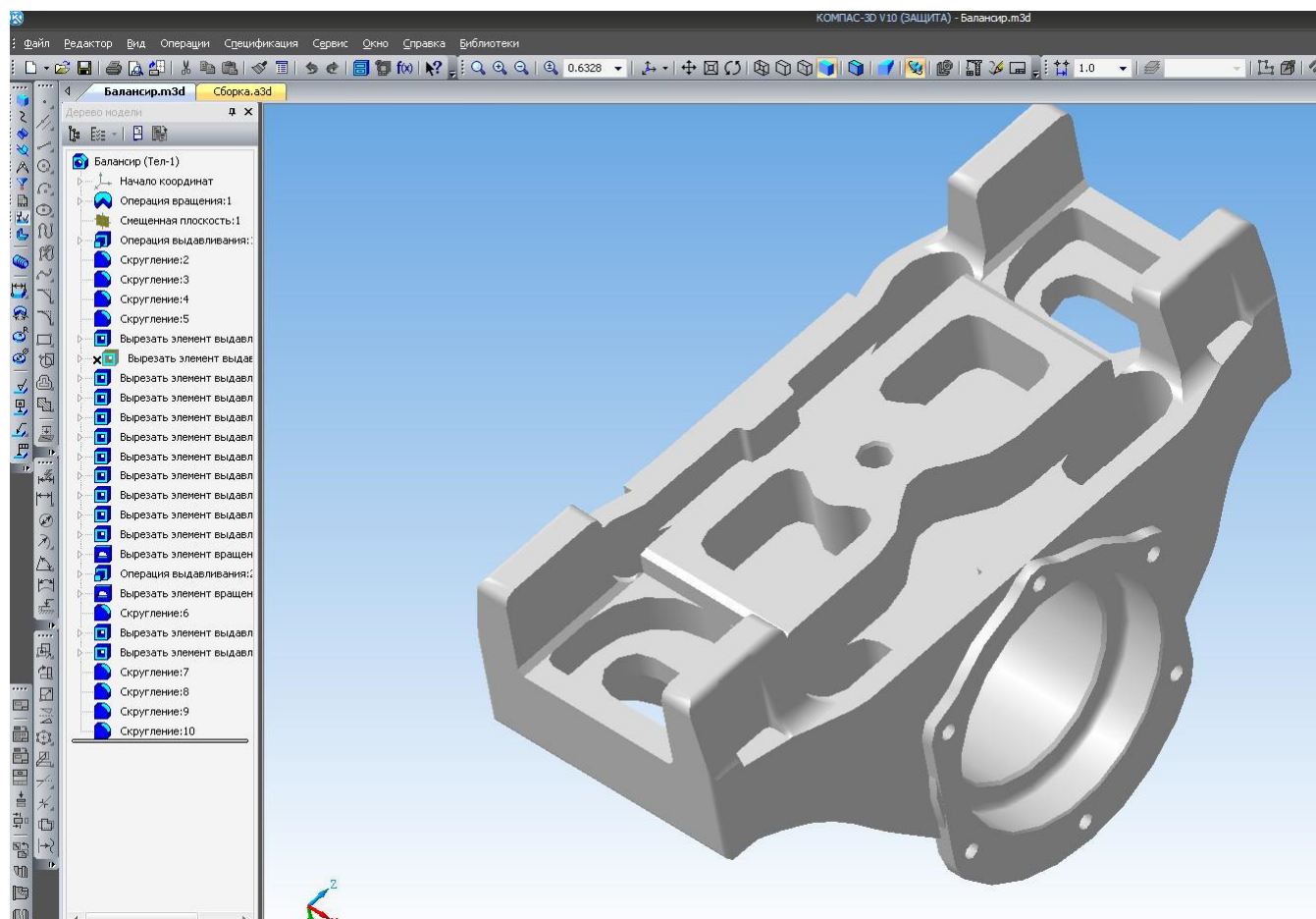


Рисунок 3.5 -3D модель балансира задней подвески автомобиля «Урал»

После того как все модели спроектированы, создается сборка контрольного приспособления (рисунок 3.6). Выполнено сечение поверхностью для визуализации детали внутри приспособления (рисунок 3.7)

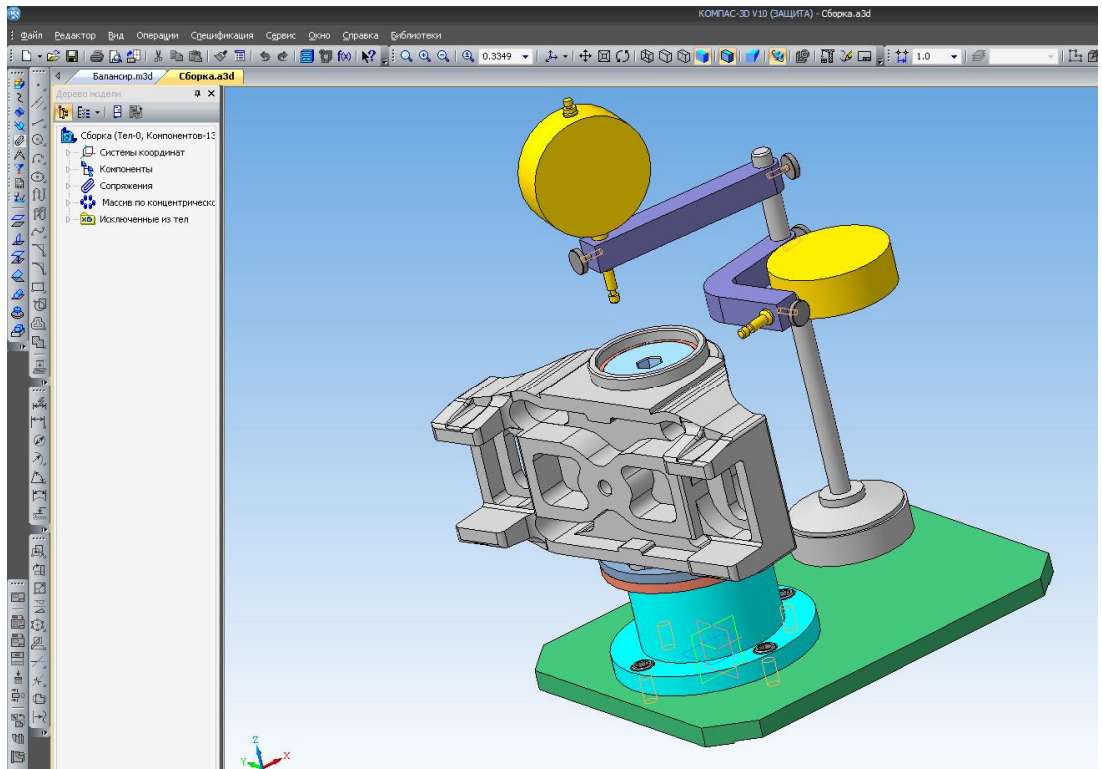


Рисунок 3.6- 3D модель контрольного приспособления

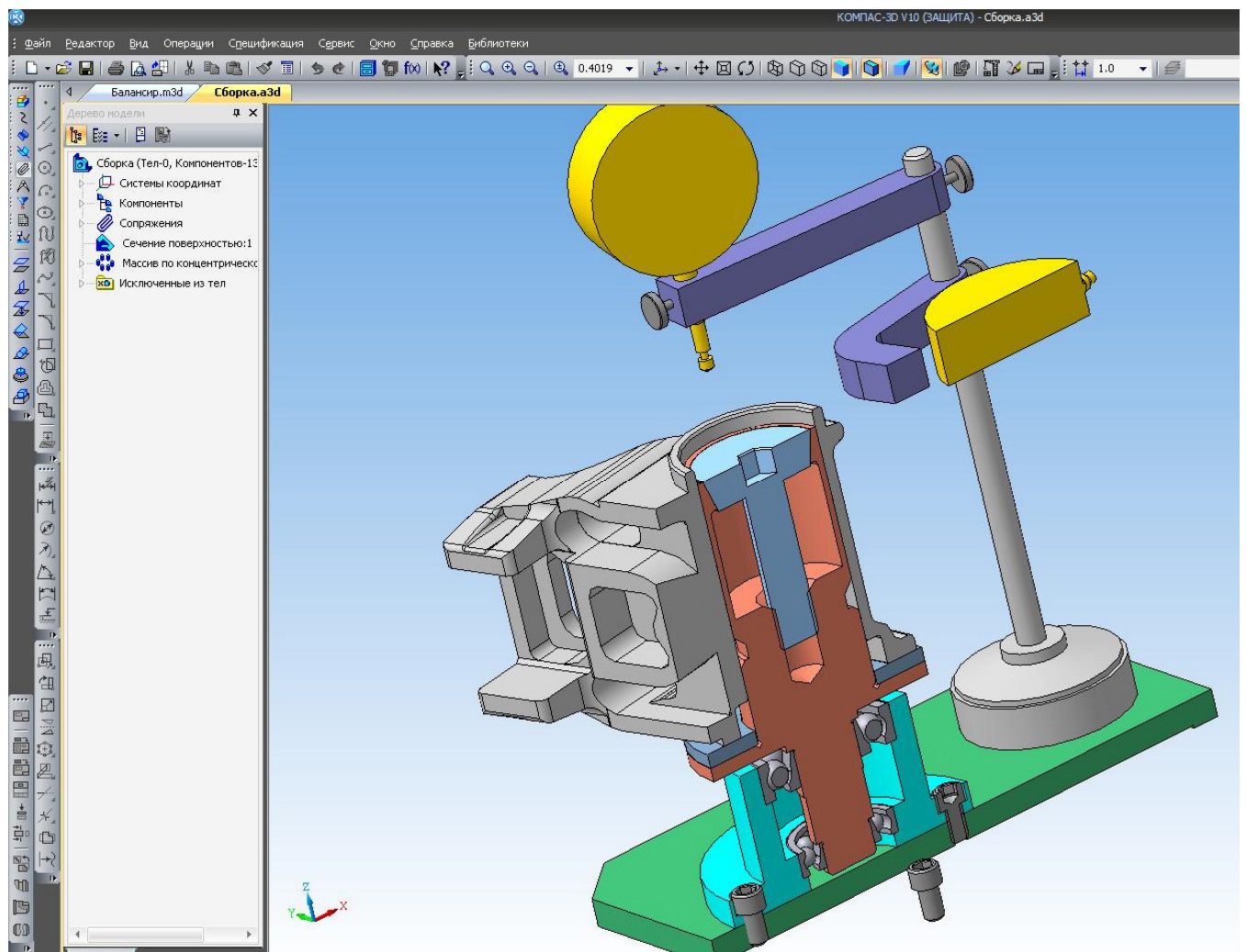


Рисунок 3.7 - 3D модель контрольного приспособления в разрезе

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ

Лист

70

### 3.3 Выполнить технологический процесс в САПР ТП

Для выполнения технологического процесса используется программа Вертикаль V13. Основным преимуществом программы вертикаль состоит в том что проектирование технологических процессов в нескольких автоматизированных режимах. Универсальный технологический справочник, входящий в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, предоставляет пользователям всю необходимую справочную информацию. Заполняется каждая операции необходимым оборудованием, режущим инструментом и эскизами (рисунок 3.8). После этого формируется комплект карт (рисунок 3.9)

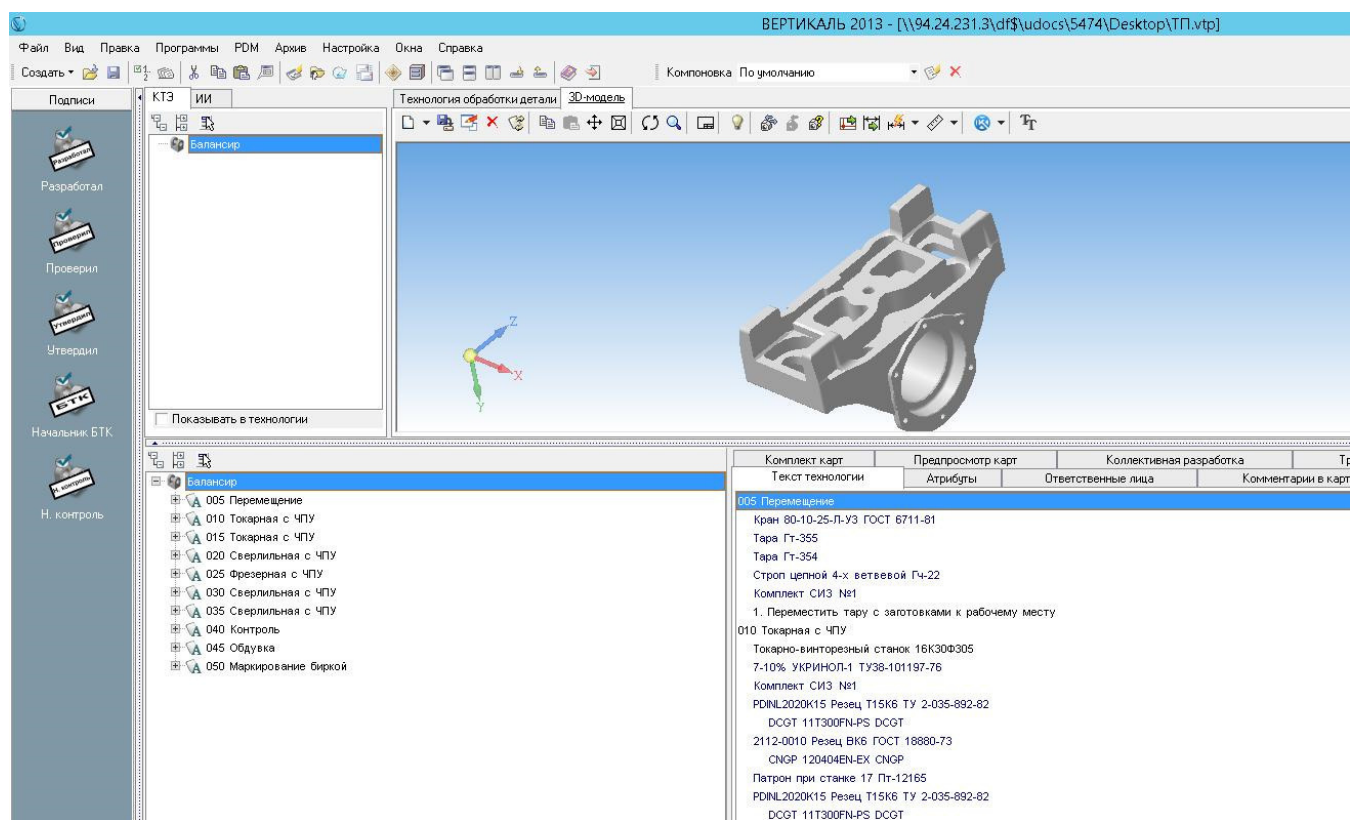


Рисунок 3.8 - Рабочее окно программы «Вертикаль»



## 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Расчет количества оборудования

Строительный раздел дипломного проекта включает в себя планировку участка механической обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал» и выбор здания цеха.

В средне- и крупносерийном производстве цех, который имеет название по выпускаемому им агрегату, разбивается на производственные участки по признаку или наименованию узла. Участок разбивается на станочные линии по наименованию деталей. В данном случае спроектирована и организована прямоточная линия механической обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал».

Расчетный такт выпуска [15]:

$$\tau_p = \frac{F_0 \cdot 60}{N}, \text{ мин}, \quad (54)$$

где  $F_0$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$N$  – годовая программа выпуска, шт.

$$\tau_p = \frac{3810 \cdot 60}{5000} = 45,7$$

Действительный такт выпуска:

$$\tau = \tau_p \left(1 - \frac{\beta}{100}\right), \quad (55)$$

где  $\beta$  - потери времени,  $\beta = 6 \dots 8\%$ ;

$$\tau = 45,7 \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 43$$

Расчетное число станков:

$$C_{расч} = \frac{t_{ш}}{\tau}, \quad (56)$$

где  $t_{ш}$  - штучное время выполнения операции;

$\tau$  - такт выпуска деталей с линии, мин.

Вычисленные значения  $C_{расч}$  округляем до ближайшего большего целого числа, получая при этом количество технологического оборудования  $C_{пр}$ , принятое для выполнения данной операции.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73



Коэффициент загрузки технологического оборудования:

$$k_3 = \frac{C_{расч}}{C_{пр}}; \quad (57)$$

Результаты расчета потребности в оборудовании и его загрузка представлены в таблице 4.1:

№	Операция	t <sub>шт</sub> , мин	Кол-во стан- ков расч. C <sub>рi</sub>	Кол-во станков прин. C <sub>прi</sub>	Коэф. загр-ки γ, %
005	Токарная с ЧПУ	6.63	0.15	1	15
010	Токарная с ЧПУ	5.54	0.13	1	13
015	Сверлильная с ЧПУ	1.93	0.04	1	4
020	Фрезерная с ЧПУ	4.47	0.10	1	10
025	Сверлильная с ЧПУ	2.88	0.07	1	7
030	Сверлильная с ЧПУ	5.43	0.13	1	13
	Итого:	30.03		6	11

#### 4.2 Выбор здания

При вычерчивании сетки колонн необходимо иметь в виду, что размеры колонн и их фундаментов в плане зависят от ширины пролетов, грузоподъемности крановых средств и шага колонн. Пролетом называется часть здания, ограниченная в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн. Расстояния между осями колонн в продольном направлении называется шагом колонн, а в поперечном направлении - шириной пролета. Шаг и ширина образуют сетку колонн. Грузоподъемность крана определяется максимальной массой перемещаемого груза. В данном случае таким грузом может быть станок в случае необходимости его капитального ремонта. Таким образом, выбран мостовой опорный кран грузоподъемностью 5 тонн. В зависимости от него для средних рядов колонн:

- ширина пролета – 18 м;
- размеры сечения колонн – 400х600 мм по ГОСТ 25628-90;
- размеры фундамента колонн – 5200х3600 мм.

Шаг колонн для большинства схем, пригодных для всех отраслей машино-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

строения, принят равным 12 м для внутренних колонн и 6 м для колонн периметра здания.

При расстановке станков руководствуются нормативными размерами промежутков между станками в продольном и поперечном направлениях и размерами расстояний от стен и колонн. Эти размеры должны гарантировать удобство выполнения работ на станках, безопасность рабочих, достаточную свободу движения людей и транспортных средств с грузом, возможность выполнения ремонта. Разрывы между станками, а также между станками и смежными элементами здания (колоннами, стенами и др.) регламентируются правилами охраны труда и существующими нормативами, которые учитывают удобство эксплуатации станков. Кроме того, соблюдение нормативных расстояний станков от колонн необходимо, чтобы избежать расположения станков на основании колонн, имеющих большие габаритные размеры, чем колонны, а так же чтобы иметь возможность подавать детали и другие элементы на станки краном, крюк которого не может достигать до колонн ближе определённого расстояния.

Размеры главных проездов и проходов находятся в зависимости от размеров специальной тары, веса детали и применяемых средств транспорта. В нашем случае для транспортировки ящиков с деталями используется автокары. Ширина ящика (наибольший габарит) составляет 1500 мм. Для двустороннего движения ширина проезда принята 5,5 м. Второстепенные проходы образуются промежутками между станками и могут служить для прохода людей к станкам.

Высота пролета  $H$  рассчитывается с учетом размеров выбранного крана, максимальной высоты станка и размеров перемещаемого груза.

Для перемещения грузов по участку предусмотрен кран электрический мостовой однобалочный опорный модели 1-А-5-16,5-12-380 ГОСТ 22045-89.

Высота пролета  $H_1$  (до шейки рельса подкранового пути) определяется по формуле:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (58)$$

где  $h_1$  — максимальная высота оборудования, определяемая с учетом крайних положений подвижных частей станка, но не менее 2,3 м ( $h_1 = 2,25$  м — про-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75



мышленный робот Kawasaki FS075L C control);

$h_2$  — минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, м ( $h_2 = 0,5$  м);

$h_3$  — высота транспортируемых грузов со стропами, м ( $h_3 = 2,2$  м);

$h_4$  — размер крана по паспорту (от точки самого верхнего положения крюка до рельсового пути), м;  $h_4 = 1,1$  м;

$H_1 = 2,3 + 0,5 + 2,2 + 1,1 = 6,1$  м.

$H_1$  принимаем равной 6,15 м согласно унифицированному ряду.

Размеры пролетов являются унифицированными, поэтому принимаем ближайшую по стандартам высоту цеха до нижнего пояса ферм  $H = 8,4$  м [11, с.103].

Пол участка состоит из следующих строительных слоев:

- 1) покрытие из цементного раствора с мраморной крошкой (20 мм);
- 2) бетонный слой М300 (20 мм);
- 3) бетонный слой М100 (150 мм);
- 4) уплотнительный слой.

Кровля крыши выполняется из следующих слоев:

- 1) водоизоляционный ковер (рубероид 3 слоя);
- 2) выравнивающий слой (цементная стяжка 15 мм);
- 3) уплотнитель (пенобетон 140 мм);
- 4) пароизоляция (горячий битум 1-2 слоя);
- 5) Крупнопанельные плиты ПНС-22.

#### 4.3 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки

Расположение станков на участке механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, числом станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами.

Металлорежущие станки располагаются последовательно в соответствии с технологическим процессом обработки детали. При расположении станков

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

предусматриваются кратчайшие пути движения детали в процессе обработки, и не допускаются обратные, кольцевые и петлеобразные движения, создающие встречные потоки и затрудняющие транспортирование обрабатываемой детали.

В начале участка размещается складская площадка (стеллаж) для заготовок. Вдоль нее предусмотрен проезд для большегрузного транспорта для доставки заготовок, с габаритами 5,5x4,5 м. В конце проектируемого участка предусмотрена складская площадка для готовых деталей, которые сразу поступают на участок узловой сборки. Это перемещение осуществляется с помощью мостового крана.

#### 4.4 Проектирование подсистемы удаления стружки

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки на 1 м<sup>2</sup> производственной площади  $C$ , т/м<sup>2</sup>.

$$C = \frac{(m_{заг} - m_{дет}) \cdot Q}{S \cdot 1000}, \quad (59)$$

где  $m_{заг}$  — масса заготовки, кг;  $m_{заг} = 22,5$  кг;

$m_{дет}$  — масса детали, кг;  $m_{дет} = 21,9$  кг;

$Q$  — годовой объем выпуска деталей, шт;  $Q = 5000$  шт;

$S$  — производственная площадь, м<sup>2</sup>;  $S = 212$  м<sup>2</sup>.

$$C = \frac{(22,5 - 21,9) \cdot 5000}{212 \cdot 1000} = 0,014 \text{ т/м}^2.$$

При количестве стружки до 0,3 т/м<sup>2</sup> в год стружку собирают в специальные емкости и доставляют к месту сбора напольным транспортом (электрокарами).

Стружка собирается в тару, расположенную около каждого станка. Уборка стружки в тару производится рабочим, на станках с числовым программным управлением уборка стружки автоматизирована.

#### 4.5 Проектирование подсистемы раздачи СОЖ

На проектируемом участке применяется централизованно-групповой способ снабжения станков СОЖ. СОЖ марки Mobilmet фирмы Mobil подаются по трубопроводам из центральной установки к разборным кранам, установленным на участке. Система охлаждения станка ежесуточно пополняется для восполнения потерь СОЖ вследствие ее разбрызгивания, уноса со стружкой.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77

Для обеспечения работы гидро-приспособлений в станках предусмотрен подвод жидкости от бака станка.

Для очистки заготовок и деталей на участке предусмотрен подвод сжатого воздуха с давлением 6 атм.

#### 4.6 Выбор подъемно-транспортных устройств

В качестве подъемно-транспортного устройства выбираем мостовой опорный кран грузоподъемностью 5т. Марки 1–А–5–16,5–12–380 ГОСТ 22045–89, который представляет собой мост, перемещающийся по крановым путям на ходовых рельсах, которые установлены на концевых балках. Пути укладывают на подкрановые балки, опирающиеся на выступы верхней части колонн цеха.

По верхнему поясу балок моста в поперечном направлении относительно пролета цеха передвигается крановая тележка, снабженная механизмом подъема груза. Механизм передвижения крана установлен на мосту крана, механизм передвижения тележки – непосредственно на тележке.

Межоперационное перемещение деталей осуществляется при помощи промышленного робота Kawasaki FS30L C control, а также при помощи рольгангов, установленных на участке.

Робот забирает заготовку с первого автоматизированного накопителя и подает ее в первый станок, после обработки он перемещает деталь в межоперационный автоматизированный накопитель – далее, с него – на второй станок и так далее до последнего накопителя.

Следует заметить, что в цехе нет рабочих-станочников, их функцию полностью берет на себя робот. А из основных производственных рабочих имеется только один оператор-наладчик в смену.

Таблица 3.1 - Основные технические характеристики промышленного робота

Угол поворота	±170°
Грузоподъемность	75 кг
Радиус действия руки	3,6м
Максимальная скорость	15м/мин
Повторяемость	±0,03мм
Масса	200кг
Габариты (Д x Ш x В)	800x1000x2250 мм

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Охрана труда – это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств по созданию условий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека.

Конечная цель охраны труда – полная ликвидация производственного травматизма, профессиональных заболеваний путем создания безопасных и безвредных условий труда на производстве. Рассматривая вопросы охраны труда необходимо разрабатывать мероприятия по технике безопасности, производственной санитарии и противопожарной безопасности.

Охрана труда выявляет и изучает возможные причины производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров и требований к системе мероприятий с целью устранения этих причин и создания безопасных и благоприятных для человека условий труда. При этом наряду с огромным социальным эффектом достигается и определенный экономический эффект.

К технологическому процессу обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал» предъявляются ряд требований, обеспечение которых способствует безопасности работы, а именно:

- применение механизации, автоматизации и дистанционного управления в тех случаях, когда действие вредных и опасных производственных факторов нельзя устранить;

- обеспечение надлежащей герметизации производственного оборудования;

- применение средств защиты работающих;

- применение системы контроля и управления технологическим процессом, обеспечивающей защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;

- оснащение технологических процессов устройствами, обеспечивающими получение своевременной информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		79

- своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками вредных и опасных производственных факторов;
- применение рациональных режимов труда и отдыха с целью предупреждения возникновения психофизиологических опасных и вредных производственных факторов.

Учитывая данные требования, на участке предусмотрены ограждения подвижных частей, необходимые электрические блокировки, устройства аварийной остановки.

Электроаппаратура станков размещена в шкафах, расположенных непосредственно на станках. Разводка электрооборудования выполнена в специальных корпусах.

На участке мех. обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал» находится кран-балка, которая оснащена следующими приборами безопасности:

- ограничители грузоподъемности, предохраняющие кран от перегрузки;
- конечные выключатели, автоматически отключающие механизм подъема крюка или механизм передвижения при подходе к крайним точкам.

Безопасность эксплуатации подъемно-транспортных устройств требует ограждения всех доступных движущихся или вращающихся частей механизмов.

Необходимо исключить непредусмотренный контакт работающих с перемещаемыми грузами и самими механизмами при их передвижении, а также обеспечить надежную прочность механизмов, вспомогательных, грузозахватных и балочных приспособлений.

### 5.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Учитывая, что трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, на рабочем месте необходимо создать оптимальный микроклимат, который при длительном и систематическом воздей-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

ствии на человека обеспечивает сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции, обеспечивает ощущения теплового комфорта и создает предпосылки для хорошей работоспособности. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профзаболеванию. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма человека. Высокая относительная влажность (отношение содержания водяных паров в 1 м<sup>3</sup> воздуха к их максимально возможному содержанию в этом же объеме) при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре она усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах, но отрицательно при низких.

Оптимальные параметры микроклимата приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Оптимальные параметры микроклимата

Сезон	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходной (среднесуточная t° воздуха ниже +10°С)	17...19	60...40	0,3
Теплый (среднесуточная t° воздуха +10°С и выше)	20...22	60...40	0,4

В цехе ответственность за выполнение мероприятий по охране труда и технике безопасности возлагается на начальника цеха, а на участках – на производ-

ственных мастеров, контроль соблюдения условий техники безопасности осуществляет инженер по технике безопасности.

## 5.2 Вентиляция и отопление

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях. Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и подача чистого воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды.

Производственные процессы могут сопровождаться выделением тепла, вредных газов, паров, пыли, влаги, вследствие чего метеорологические параметры и состав воздуха в производственных помещениях отличаются от нормального. Создание оптимальных и допустимых метеорологических условий, удаление и разбавление вредных веществ, выделяющихся при различных работах, достигается вентиляцией производственных, вспомогательных и бытовых помещений.

В зависимости от способа перемещения воздуха в производственных помещениях вентиляция делится на естественную и искусственную (механическую).

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется за счет разности температур в помещении наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра (ветровой напор). Для данных условий работы применяется неорганизованная естественная вентиляция, при которой воздухообмен осуществляется за счет вытеснения внутреннего теплового воздуха наружным холодным воздухом через окна, форточки, фрамуги и двери.

Естественная вентиляция дешева и проста в эксплуатации. Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый воздух не очищается и загрязняет атмосферу. В данных условиях естественную вентиляцию можно применить, так как на участке обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал» нет больших выделений вредных веществ в рабочую зону.

Помимо естественной, в цехе применяется также искусственная вентиляция, которая устраняет недостатки естественной вентиляции. При искусственной вен-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		82

тиляции воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами; воздух в зимнее время подогревается, в летнее – охлаждается и кроме того очищается от загрязнений. В данном случае применяется приточная и вытяжная искусственная вентиляция.

При приточной системе вентиляции производится забор воздуха извне с помощью вентилятора через калорифер, где воздух нагревается и при необходимости увлажняется, а затем подается в помещение. Количество подаваемого воздуха регулируется клапанами или заслонками, устанавливаемыми в ответвлениях. Загрязненный воздух выходит через двери, окна, фонари и щели неочищенным.

При вытяжной системе вентиляции загрязненный и перегретый воздух удаляется из помещения через сеть воздуховодов с помощью вентилятора. Загрязненный воздух перед выбросом в атмосферу очищается. Чистый воздух подсасывается через окна, двери, неплотности конструкций.

Так же должна быть предусмотрена аварийная вентиляция, которая предназначена для быстрого удаления из помещений значительных объемов воздуха с большим содержанием вредных и взрывоопасных веществ, поступающих в помещение при нарушении технологического режима и авариях. Аварийная вентиляция спроектирована вытяжной.

Для отопления производственных помещений применяется система водяного отопления. Основными задачами отопления являются:

- нагревание воздуха поступающего в помещение извне;
- нагревание воздуха поступающего в помещение через приточную систему вентиляции, если он не подогрет;
- возмещение расхода тепла через ограждающие конструкции зданий и сооружений.

### 5.3 Освещение

Свет имеет важное значение для человека, обеспечивая связь организма с окружающей средой. Назначение производственного освещения – обеспечить, прежде всего, нормальные зрительные условия работы в производственных помещениях в течение рабочего времени.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		83



По типу источника света в цехе применяется производственное освещение следующих видов: естественное – за счет солнечного излучения (прямого и диффузно- рассеянного света небесного купола); искусственное – за счет источников искусственного света; совмещенное.

Естественное освещение имеет положительные и отрицательные стороны. Более благоприятный спектральный состав (наличие ультрафиолетовых лучей), высокая диффузность (рассеянность) света способствуют улучшению зрительных условий работы. В то же время при естественном освещении освещенность во времени и пространстве непостоянна, зависит от погодных условий, возможно тенеобразование, ослепление при ярком солнечном свете.

Искусственное освещение помогает избежать многие недостатки, характерные для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим. Однако условия гигиены труда требуют максимального использования естественного освещения, так как солнечный свет оказывает оздоравливающее действие на организм.

В дневное время на участке используется комбинированное естественное освещение – сочетание бокового, когда свет проникает через оконные проемы, и верхнего освещения, когда свет проникает в помещение через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях. Комбинированное освещение обеспечивает более равномерное распределение внутри производственного помещения.

В темное время суток или при недостатке естественного освещения используется искусственное освещение. Такое освещение называется совмещенным.

Искусственное освещение проектируется комбинированным – к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах. Поточная линия освещается общим освещением от магистральных ламп, создается освещенность на рабочем месте не менее 200лк. На контрольном столе предусмотрено местное освещение, создающее освещенность 500лк. Кроме этого в проектируемом цехе предусмотрено аварийное освещение, которое предназначено для обеспечения минимальной освещенности в

производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, сведены к следующему:

- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении;
- осветительная установка должна быть безопасной и безвредной в процессе эксплуатации;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени;
- направленность светового потока на рабочую поверхность должна быть оптимальной.

#### 5.4 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей цеха.

Пожарная опасность производственного здания определяется пожарной опасностью технологического процесса и конструктивно-планировочными решениями здания.

По нормам технологического проектирования категория пожароопасности цеха Д (цех, связанный с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии). В оценке противопожарных качеств здания и сооружений большое значение имеет их огнестойкость. Выбранное здание по группе возгораемости относится к несгораемым, т.е. под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняется, не тлеет и не обугливается.

Для обеспечения при пожаре безопасной эвакуации людей предусмотрены эвакуационные выходы. Двери, предназначенные для эвакуации, должны открываться в сторону выхода из здания.

Одним из условий борьбы с пожарами является немедленное уведомление пожарной команды. Очень надежной является электрическая пожарная сигнализация. Для быстрого обнаружения очага возгорания применяются тепло-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		85

вые, дымовые и световые извещатели. Кроме того, цех оборудован специальной пожарной сигнализацией, датчики которой находятся во всех вспомогательных помещениях. Для тушения начавшегося пожара твердых горючих материалов, легко воспламеняющихся и горючих жидкостей на участке предусмотрено использование огнетушителей ОПХ-10 (химический пенный ручной) и песок, находящийся в специальных ящиках.

Все поступающие на работу проходят инструктаж о правилах пожарной безопасности, введенных на предприятии, и порядке пользования средствами пожаротушения и пожарной сигнализации и связи.

Ответственность за пожарную безопасность возлагается на руководителя предприятия. Руководитель предприятия обязан назначить приказом должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность отдельных объектов (цехов, участков, установок и т.п.). Фамилии этих лиц должны быть вывешены на видных местах. В обязанности руководителей входит:

- организация пожарной охраны;
- организация обучения рабочих и служащих правилам пожарной безопасности;
- разработка мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности предприятия – разработка инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, а также инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара, изготовления и применения средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.

Для предотвращения пожаров используются следующие меры:

- предотвращение образования горючей смеси;
- предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- поддержание температуры и давления горючей среды ниже минимального;
- применение средств пожаротушения;
- эвакуация людей;
- организация пожарной охраны объектов;

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		86

- ограничение количества горючих веществ и их надлежащее хранение.

## 5.5 Электрическая безопасность

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрорезиновые средства, плакаты. Надежная изоляция проводов от земли и корпусов электроустановок создает безопасные условия для обслуживающего персонала.

Для обеспечения недоступности токоведущих частей оборудования и электрических сетей применяются ограждения: кожухи, крышки, шкафы.

В электроустановках напряжением свыше 250 В используется блокировка, с помощью которой автоматически снимается напряжение (отключается питание) с токоведущих частей электроустановок при прикосновении к ним, без предварительного отключения питания.

При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей используются электрорезиновые средства: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, коврики, указатели напряжения. Для предупреждения персонала о наличии напряжения или его отсутствии в электроустановках применяется световая сигнализация.

С целью предупреждения работающих об опасности поражения электрическим током широко используют плакаты и знаки безопасности.

На участке обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал» применяется также защитное заземление, предназначенное для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и к другим токоведущим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам. Для заземления оборудования в первую очередь используют естественные заземлители: железобетонные фундаменты, а также расположенные в земле металлические конструкции здания.

На участке используются системы защитного отключения – специальные

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		87

электрические устройства, предназначенные для отключения электроустановок в случае появления опасности пробоя на корпус. Так как основной причиной замыкания на корпус токоведущих частей оборудования является нарушение изоляции, то системы защитного отключения осуществляют постоянный контроль за сопротивлением изоляции или токами утечки между токоведущими и нетокковедущими деталями конструкции оборудования. При достижении опасного уровня оборудование отключается до того момента, когда произойдет пробой на корпус и появится реальная опасность поражения электрическим током.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда. Весь персонал, допущенным к эксплуатации электроустановок, в соответствии с занимаемой должностью и применительно к выполняемой работе аттестуется присвоением соответствующей квалификационной группы по электробезопасности (с I по V).

К организации безопасной работы на электроустановках относится также документальное оформление работы, допуск к работе, надзор во время работы. Оформление разрешения на проведение работ в действующих электроустановках выполняется в виде наряда, распоряжения или перечня работ.

Ответственными за безопасность работ являются мастер и производитель работ. Ответственным за электрохозяйство является главный энергетик.

#### 5.6 Производственный травматизм

Несчастный случай на производстве – это случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей.

Порядок расследования несчастных случаев на производстве определен Положением о порядке расследования и учета несчастных случаев на производстве. Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть и происшедшие при выполнении работником своих трудовых обязанностей на территории завода или вне его, а также во время следования к месту работы или с работы на транспорте, предоставлен-

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		88

ном автозаводом.

Расследование несчастных случаев проводится комиссией, включающей специалиста по охране труда, а также профсоюзного органа. В состав комиссии входит не менее трех человек. Результаты расследования несчастных случаев на производстве оформляются актами по форме Н-1. Эти документы хранятся на предприятии в течении 45 лет и используются при учете и анализе производственного травматизма.

При анализе травматизма определяются основные причины несчастного случая, чтобы в последующем стараться их избежать. Это могут быть:

1. Технические причины:

- конструктивные недостатки машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов;
- неисправность машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов;
- неудовлетворительное техническое состояние здания, сооружений и их элементов;
- несовершенство технологических процессов;

2. Организационные причины:

- нарушение технологических процессов;
- нарушение правил дорожного движения;
- неудовлетворительная организация работ;
- неприменение средств индивидуальной защиты;
- недостатки в обучении и инструктировании работающих по безопасным приемам труда;
- использование работающих не по специальности;
- нарушение трудовой дисциплины;

3. Личностные причины:

- неосторожность или невнимательность, ошибочные действия.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		89

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был разработан участок механической обработки балансира задней подвески автомобиля «Урал» 4322-29180201.

В ходе работы основное внимание уделялось снижению трудоемкости и себестоимости изготовления детали, а также повышению производительности труда за счет уменьшения числа технологических переходов, операций, станков и внедрения современных режущих материалов, инструментов и станочных приспособлений.

Был произведен анализ действующего технологического процесса, выявлены его недостатки и в дальнейшем устранены. Вместо устаревшего режущего инструмента приняты современные режущие инструменты фирмы Sandvik Coromant с твердосплавными пластинами из современных материалов. Произведен размерный анализ технологического процесса и по его результатам определены операционные размеры детали, рассчитаны припуски на механическую обработку и рассчитана заготовка. В технологическом разделе произведены расчеты оптимальных режимов резания и нормирование операций.

Взамен устаревшего оборудования приняты современные обрабатывающие станки с ЧПУ: на токарной операции - токарный станок с ЧПУ Goodway GA-2000M; на сверлильных операциях – вертикально-сверлильный центр с ЧПУ Flott BC 40 Elite; на фрезерно-сверлильных операциях - фрезерный станок с ЧПУ Leadwell MV-30i.

Спроектированы станочные приспособления для механической обработки: специальное приспособление для фрезерной операции, а так же токарный патрон. Также спроектировано контрольное приспособление для проверки биения канавки детали. Для межоперационного перемещения детали выбран промышленный робот модели Kawasaki FS075L C control и для него спроектирован схват.

В результате проектирования количество оборудования уменьшилось с 11 до 5 единиц. Количество основных производственных рабочих уменьшилось с 11 до 1 человек (в смену). Штучное время изготовления детали уменьшилось с 48,16 мин до 30,03 мин. Площадь, занимаемая участком уменьшилась с 486 до 212 м<sup>2</sup>.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		90

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 А.М.Дальский, А.Г.Косилова «Справочник технолога машиностроителя» Том 1 Москва, Издательство «Машиностроение-1», 2003 – 495с.
- 2 А.М.Дальский, А.Г.Косилова «Справочник технолога машиностроителя» Том 2 Москва, Издательство «Машиностроение-1», 2003 – 422с.
- 3 Электронный каталог продукции фирмы Sandvik. Сайт Internet: [www.sandvik.coromant.ru](http://www.sandvik.coromant.ru)
- 4 Кошечкин Е.Н. Общемашиностроительные нормативы времени для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Мелкосерийное производство», Москва, издательство «Машиностроение», 1989 – 381с.
- 5 Проектирование заготовок: учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов/ О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 102 с.
- 6 Станочные приспособления: Справочник. Том 1; под ред. Вардашкина; Москва: Машиностроение, 1984, - 482с.
- 7 Станочные приспособления: Справочник. Том 2; под ред. Вардашкина; Москва: Машиностроение, 1984 – 421с.
- 8 Размерный анализ технологических процессов механической обработки: учебное пособие для самостоятельной работы/ Ю.Г. Миков. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010 – 96 с.
- 9 В.И. Гузеев, В.А. Батуев. «Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением; Москва: Машиностроение, 2005 – 195с.
- 10 А.А. Панов. «Обработка металлов резанием». Справочник технолога. Москва, издательство «Машиностроение», 1988 – 226с.
- 11 Н.П.Косов, А.Н.Исаев. «Технологическая оснастка: вопросы и ответы». Москва, издательство «Машиностроение», 2005 – 255с.
- 12 В. С. Карева, И. В. Серадская, Н. Л. Борблик «Курсовые и дипломные проекты. Общие требования к оформлению» Челябинск, Издательство ЧГТУ, 2008 – 38с.

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		91



13 Промышленные роботы в машиностроении. Альбом схем и чертежей. Под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1987. - 140 с.

14 Проектирование машиностроительного производства: учебное пособие к практическим заданиям. О.Б Кучина; под ред. Ю.Г. Микова.– Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007 – 63 с.

15 Мельников, Г.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебник /Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

16 Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21)

17 СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)

18 Нормы пожарной безопасности НПБ 105-03 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314)

					15.03.05.2018.414.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		92