

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА»

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по
отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством в
машиностроении»

Идентификационный код ВКР: 320

Екатеринбург
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и
методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н. В. Бородина
« ___ » _____ 2017 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА»

Выпускная квалификационная работа

Идентификационный код ВКР: 320

Исполнитель:
студент группы ЗКМ–502

А. Ю. Минтимиров

Руководитель:
доцент кафедры ТМС,
канд. техн. наук, доцент

Г. Н. Мигачева

Нормоконтролер:
доцент кафедры ТМС,
канд. пед. наук

А. С. Кривоногова

Екатеринбург
2017

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 74 страницах, содержит 27 рисунков, 15 таблиц, 33 источника литературы, а также приложения на страницах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, СИСТЕМА КООРДИНАТ, ДАТЧИК КОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ, СИСТЕМА RENISHAW, ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ.

Минтимиров А. Ю. Модернизация технологического процесса механической обработки и операционного контроля детали «Корпус редуктора»: выпускная квалификационная работа / Минтимиров А. Ю.; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. Технологии машиностроения, сертификации и методики проф. обучения. – Екатеринбург, 2017. – 68 с.

Для детали «Корпус редуктора» разработан модернизированный технологический процесс механической обработки в условиях среднесерийного производства за счёт применения современного 5-и осного обрабатывающего центра «Alzmetall GS1400».

Составлена управляющая программа для процесса обработки и операционного контроля на основе использования датчиков контактного измерения системы RENISHAW.

Разработан теоретический урок повышения квалификации для операторов станков с ЧПУ на тему «Операционный контроль с использованием системы RENISHAW».

Работа выполнена для предприятия ПАО «Машиностроительный завод имени М. И. Калинина».

					ДП 44.03.04.320 ПЗ			
Из	Лист	№ доку-	Подп.	Дата	Модернизация технологического процесса механической обработки и операционного контроля детали «Корпус редуктора». Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листо
Разраб.	Минтимиров						3	67
Пров.	Мигачева							
Н. Контр.	Кривоногова							
Зав. каф.	Бородина							
						ФГАОУ ВО РГПУ, ИИПО, группа ЗКМ - 502		

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

ГОСТ Р – национальный стандарт;

ИСО – международный стандарт;

КД – конструкторская документация;

ТП – технологический процесс;

КОМПАС – комплекс автоматизированных систем;

САПР Система проектной документации для строительства;

ЕСКД Единая система конструкторской документации;

КИМ – координатно-измерительная машина;

ОТК – отдел технического контроля;

ОЦ с ЧПУ – обрабатывающие центра с числовым программным управлением;

CAD – система автоматизированного проектирования.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	44.03.04. 320 ПЗ	Лист
											4

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	8
1.1. Анализ чертежа детали, описание конструкции и служебного назначения детали «Корпус редуктора».....	8
1.2. Материал и способы получения заготовок	9
1.3. Анализ технологичности конструкции детали «Корпус редуктора».....	11
1.4. Описание базового технологического процесса	14
1.5. Модернизация технологического процесса «Корпус редуктора».....	15
1.6. Выбор технологических баз и разработка схем базирования.....	19
1.7. Выбор и описание оборудования.....	22
1.8. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания	27
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	35
2.1. Разработка твердотельной 3D модели детали	35
2.2. Управляющая программа для станка с ЧПУ Alzmetall GS1400 детали «Корпус редуктора».....	37
3. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛИ ПРИ ПОМОЩИ ДАТЧИКА КОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ СИСТЕМЫ RENISHAW	40
3.1. Преимущества датчиков контактного измерения	40
3.2. Принцип работы контактного датчика системы Renishaw	43
3.3. Конструкция датчиков контактного измерения системы Renishaw.....	45
3.4. Порядок операционного контроля в системе Renishaw детали «Корпус редуктора».....	47
3.5. Фрагмент управляющей программы измерения детали датчиком Renishaw	49
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	51
4.1. Система переподготовки персонала	51
4.2. Анализ профессионального стандарта и трудовой функции по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»	54
4.3. Составление перспективно-тематического плана.....	56
4.4. Урок теоретического обучения	59

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

ВВЕДЕНИЕ

ПАО «Машиностроительный завод имени М. И. Калинина» вступил в конкурентную борьбу с зарубежными машиностроительными предприятиями. Завод модернизируется за счет пополнения станочного парка на базе ЧПУ и внедрением международных стандартов в области качества.

Это значительно увеличило производственную мощность предприятия и вывело его в лидеры в области механической металлообработки изделий оборонной продукции.

Появление новых станков поставило новые задачи, такие как модернизацию технологических процессов деталей производимых на универсальных станках.

Целью настоящей дипломной работы является разработка модернизированного технологического процесса обработки детали «Корпус редуктора» на 5-и осном обрабатывающем центре «Alzmetall GS1400».

Для достижения указанной цели необходимо решение ряда технологических и проектно – конструкторских задач:

- описание служебного назначения изделия и технологичности изделия «Корпус редуктора»;
- построение 3D – модели детали в программе «Компас – 3D»;
- сравнение базового и модернизированного технологического процесса обработки;
- выбор оборудования и инструмента;
- разработка фрагмента управляющей программы для станка с ЧПУ;
- разработка процесса операционного контроля в системе Rtnishaw;
- разработка фрагмента управляющей программы операционного контроля;
- методическая часть (разработка программы обучения операторов станков с ЧПУ работе в оболочке SinuTrain».

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

7

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ чертежа детали, описание конструкции и служебного назначения детали «Корпус редуктора»

Ответственным узлом редуктора для подъемного механизма является его корпус. Корпусные детали предназначены для размещения в них сборочных единиц и деталей. Они должны обеспечивать постоянство точности относительного положения деталей и механизмов, как в статическом состоянии, так и при динамической эксплуатации машины, поэтому обладают достаточной жесткостью. Корпусные детали имеют основные базирующие поверхности, как правило, в виде плоскостей, которыми они присоединяются к станинам и другим корпусам.

Корпус редуктора проектируется на основании многих требований, учитывающих технологию изготовления корпуса и монтажа передачи, удобства технических осмотров и ремонта при эксплуатации. Он воспринимает вибрацию зубчатой передачи, возникающие при ее работе, и внешние силовые факторы (активный крутящий момент на быстроходном валу, реактивный крутящий момент на тихоходном валу, консольные нагрузки на концах валов, силы веса и силы инерции вращения деталей в период пуска и остановки), действующие на болты, с помощью которых редуктор присоединен к раме или фундаменту, то он должен быть достаточно жестким. Для увеличения жесткости корпуса редуктора в месте расположения подшипниковых опор в конструкции корпуса предусмотрены специальные элементы – ребра жесткости. Чертеж детали «Корпус редуктора» приведен в приложении Б. Объемная модель детали представлена на рисунке 1.

Для снижения потерь на трение, уменьшения износа контактирующих поверхностей и удаления продуктов износа предусмотрена система смазки зубчатых колес и подшипников. Кроме того с помощью смазки производится охлаждение – деталей и предохранение их от коррозии.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

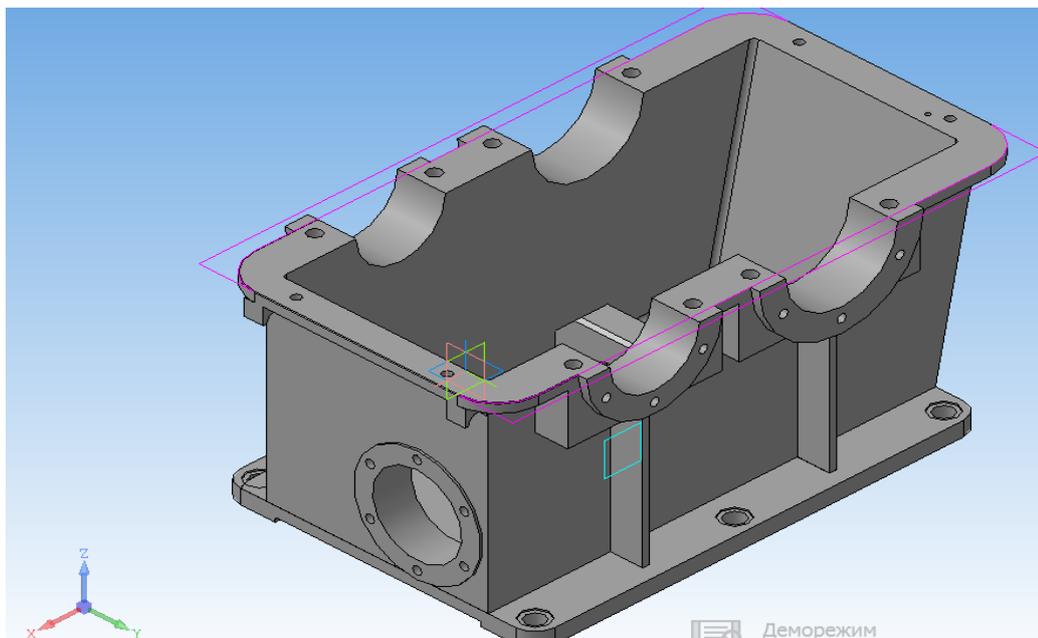


Рисунок 1 – Объемная модель детали «Корпус редуктора»

Емкость масляной ванны должна быть достаточной для обеспечения необходимого отвода тепла к стенкам корпуса и чтобы продукты износа не вовлекались в повторное обращение, а оставались на дне ванны. Для слива масла предусматривают сливное отверстие, закрываемое резьбовой пробкой. Заливка масла производится, как правило, через смотровое окно.

Нагревание воздуха в корпусе работающего редуктора сопровождается повышением давления. Чтобы предотвратить при нагревании протечки масла через разъемы корпуса и уплотнения валов, а при остывании – засасывание загрязненного воздуха внутрь, предусмотрена вентиляция корпуса. При смазке зубчатых колес окунанием для вентиляции достаточно поставить пробку-отдушину.

1.2. Материал и способы получения заготовок

Заготовки корпусных деталей изготавливают литьем из алюминиевого сплава марки АЛ9 – 1 ГОСТ 1583-93 [10]. Сплав АЛ9 – 1 предназначен для изготовления сложных по конфигурации деталей агрегатов и приборов, испытывающих средние нагрузки и работающих при температурах до 200 °С. Наличие титана и пониженное содержание примеси железа (до 0,3 %). По

Инва. № дубл.	Инва. №	Подп. и дата
Инва. № подл.	Инва. №	Подп. и дата
Инва. № подл.	Инва. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

сравнению со сплавом АЛ9 он отличается более высокими механическими свойствами (σ_B на 25— 35 % и δ выше более чем в 2 раза) и лучшей коррозионной стойкостью. В таблице 1 показан химический состав сплава АЛ9 – 1 ГОСТ 1583-93.

Таблица 1 – Химический состав

Химический состав в % сплава АЛ9-1	
Fe	до 0,3
Si	7 - 8
Mn	до 0,1
Ti	0,08 - 0,15
Al	90,85 - 92,67
Cu	до 0,1
Zr	до 0,1
B	до 0,1
Pb	до 0,03
Be	до 0,1
Mg	0,25 - 0,4
Zn	до 0,2
Sn	до 0,005



Твердость материала: $HV 10^{-1} = 55 \text{ МПа}$

Таблица 2 – Механические и физические свойства сплава

Механические свойства сплава АЛ9-1 при $T=20^\circ\text{C}$							
Прокат	Размер	Напр.	σ_B (МПа)	σ_T (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (кДж / м ²)
литье под давлением			210		2		
литье в кокиль			300-320	240-250	5-6		
Физические свойства сплава АЛ9-1							
T (Град)	$E \cdot 10^{-5}$ (МПа)	$\alpha \cdot 10^6$ (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	(кг/м ³)	C (Дж/(кг·град))	R 10^9 (Ом·м)	
20	0.7			660		45.7	
100		21.8	155		880		

Чертеж детали является основным источником информации для выполнения ВКР. Размещенные на нем виды и проекции дают полное

Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

представление о конструкции детали. Для более наглядного вида выполнена 3D модель детали в программе «Компас 3D» (см. рисунок 1).

Редуктор является ответственной сборочной единицей. Сплав марки АЛ9 – 1 ГОСТ 1583-93 применили для детали «Корпус редуктора» с целью облегчение конструкции машины. К надёжности её работы предъявляются высокие требования, поэтому упрощение конструкции детали и замена материалов невозможны. Чистота обработки поверхностей варьируется от Ra 3,2 до Ra 12,5, то есть поверхности проходят многократную обработку: черновую, получистовую и чистовую.

Необходимые информационные данные для анализа технических условий представлены на рабочем чертеже сборочной единицы.

1.3. Анализ технологичности конструкции детали «Корпус редуктора»

Технологичность конструкции детали является одним из путей снижения затрат и времени на изготовление нужного изделия. Под этим термином понимают такое проектирование, которое при соблюдении всех эксплуатационных качеств обеспечивает минимальные трудоемкость изготовления, материалоемкость и себестоимость, а также возможность быстрого освоения выпуска изделий в заданном объеме с использованием прогрессивных методов обработки и сборки. Другими словами, конфигурация детали должна представлять собой сочетание простых геометрических форм, обеспечивающих надежное базирование заготовки в процессе обработки и дающих возможность применения прогрессивных методов изготовления [16].

Деталь «Корпус редуктора» относится к деталям типа Корпус, и имеет значительное количество поверхностей расположенных параллельно и перпендикулярно друг к другу. Деталь имеет четыре наружных поверхности под валы шестерен и одну наружную, одну внутреннюю поверхность для червячной передачи. Отверстия под валы имеет гладкую цилиндрическую форму $\varnothing 75H9$, $\varnothing 120H9$ и $\varnothing 140H9$. В эти отверстия вставляются подшипники с

Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

валами шестерен и червячной передачи. Шесть отверстий $\varnothing 25$ с углублениями 5 мм $\varnothing 36$ на подошве корпуса предназначены для крепления корпуса редуктора к раме машины. Резьбовое отверстие M27X1,5 7H на торце корпуса предназначено для сливной пробки. Два отверстия $\varnothing 7H7$ предназначены для штифтов при центровке крышки и корпуса, отверстия $\varnothing 20$ предназначены для крепления крышки к корпуса редуктора.

Произведем количественную оценку технологичности поверхности детали в сводной таблице 3 [19, 20].

Таблица 3 – Количественная оценка

Элементы поверхности детали	Количество поверхностей	Количество унифицированных поверхностей	Квалитет точности	Шероховатость
2. Диаметр 198 мм.	1	-	9	12,5
3. Диаметр 75 мм.	2	2	7	12,5
4. Диаметр 22 мм.	1	-	12	12,5
5. Диаметр 30 мм.	6	6	14	12,5
6. Диаметр 25 мм.	6	6	12	12,5
7. Диаметр 20 мм.	8	8	12	12,5
8. Диаметр 16 мм.	1	-	9	12,5
9. Диаметр 10 мм.	22	22	9	12,5
10. Диаметр 80 мм.	2	2	7	3,2
11. Диаметр 100 мм.	2	2	7	3,2
12. Диаметр 90 мм.	2	2	9	6,3
13. Диаметр 110 мм.	2	2	9	6,3
14. Диаметр 6 мм	2	2	9	3,2
15. Длина L=714 мм.	2	2	12	6,3
16. Длина L=386 мм.	2	2	12	6,3
17. Длина L=195 мм.	1	-	12	12,5
18. Длина L=20 мм.	12	12	9	12,5
19. Длина L=260 мм.	1	-	12	6,3
20. Длина L=210 мм	2	2	9	6,3
21. Длина L=300 мм	2	2	9	6,3
22. Длина L=120 мм	2	2	9	6,3
23. Фаска 2×45°	45	45	12	12,5
24. Фаска 1×45°	2	2	12	12,5
ИТОГО:	128	113	233	210

а) Унификация конструктивных элементов подтверждается следующим условием:

$$E_{y.э} \geq 0,6 \quad (1.1)$$

Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали определим по формуле:

$$E_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (1.2)$$

где $Q_{y.э}$ – число унифицированных элементов детали;

$Q_э$ – общее число конструктивных элементов детали.

Учитывая данные из таблицы 3 получаем:

$$E_{y.э} = \frac{113}{128} = 0,89.$$

По этому показателю деталь технологична, т.к. выполняется условие формулы (1.1):

$$0,89 \geq 0,6.$$

б) Технологичность детали по точности обработки подтверждается следующим условием:

$$K_{т.ч} \geq 0,8 \quad (1.3)$$

Коэффициент точности обработки определим по формуле:

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}, \quad (1.4)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности:

$$A_{ср} = \frac{233}{23} = 10,24.$$

Тогда, коэффициент точности равен:

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{10,24} = 0,90.$$

По этому показателю деталь технологична, т.к. выполняется условие формулы (1.3):

$$0,90 \geq 0,8.$$

в) Технологичность детали по параметру шероховатости поверхностей подтверждается следующим условием:

$$K_{ш.} \geq 0,32 \quad (1.5)$$

Коэффициент шероховатости определим по формуле:

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

$$K_{ш.} = 1 - \frac{1}{B_{ср.}}, \quad (1.6)$$

где $B_{ср.}$ – средняя шероховатость:

$$B_{ср.} = \frac{210}{24} = 8,75.$$

Тогда, коэффициент шероховатости равен:

$$K_{ш.} = 1 - \frac{1}{8,75} = 0,88.$$

По этому показателю деталь технологична, т.к. выполняется условие формулы (1.5): $0,9 \geq 0,32$.

1.4. Описание базового технологического процесса

Анализ базового заводского технологического процесса является важным этапом проектирования, так как помогает выявлению преимуществ и недостатков, присущих базовой технологии.

ТП обработки детали является совокупностью механообрабатывающих операций, в процессе выполнения которых деталь принимает окончательные размеры и геометрическую форму поверхностей. Построение и содержание технологического процесса обработки заготовки детали определяется в основном выбором технологических баз и точку отчета размерных связей между различными поверхностями [20].

На предприятии ПАО «МЗиК» базовый технологический процесс (ТП) разработан для мелкосерийного производства. Чертеж детали включает все необходимые данные и не имеет ошибок в размерных связях.

Анализ базового ТП механической обработки (таблица 5) заготовки, выявил, что основным преимуществом его является минимальное количество операций и переходов. Методы обработки в ТП приняты правильно. Станки при обработке данных деталей используются при мелкосерийном производстве. Недостатком является их большой износ, а так же большие временные нормозатраты.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Технологический процесс изготовления обеспечивает высокую долговечность и надёжность корпуса редуктора. Но, в тоже время, базовый ТП имеет целый ряд недостатков. Среди которых следует отметить следующие:

- ТП разработан в виде маршрутной карты, нет подробной пооперационной металлообработки детали «Корпус редуктора»;
- Низкое значение автоматизации;
- В маршрутной карте отсутствуют ссылки на специальную оснастку или специальный инструмент;
- Базовая технология плохо представляет особенности эксплуатации данной детали.

Поэтому, в связи с указанными недостатками, разработка модернизированного технологического процесса изготовления детали с применением станков с ЧПУ и прогрессивным режущим инструментом способствующих её реализации можно считать необходимой.

1.5. Модернизация технологического процесса «Корпус редуктора»

Модернизация технологического процесса «Корпус редуктора» заключается в том, что обработка детали ведется с минимальным количеством установов, что значительно уменьшает время на переналадку детали. 5–и осный обрабатывающий центр Alzmetall GS 1400 обрабатывает «Корпус редуктора» с одного установа, так как имеет вращающийся стол по двум осям (А и С). Вращение стола позволяет производить обработку металла с 5-и сторон без переустановок детали. До внедрения новых станков с ЧПУ приходилось переустанавливать деталь и производить наладку заново, менять приспособления и инструмент в ручную. Это значительно увеличивало время на производство одной детали.

Разрабатывая технологический процесс обработки детали необходимо выполнить следующие условия [2]:

- наметить базовые поверхности, которые должны быть обработаны в самом начале технологического процесса;

Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата
Ине. № подп	Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

- обработать вначале те поверхности, которые не снижают жёсткость обрабатываемой детали;
- первыми следует обработать такие поверхности, которые не требуют высокой точности, качества;
- при выборе технологических баз следует стремиться к соблюдению основных принципов базирования - совмещения и постоянства баз;
- необходимо учитывать, на каких стадиях технологического процесса целесообразно производить механическую, термическую и другие методы обработки в зависимости от требований чертежа;
- отделочные операции следует выносить к концу технологического процесса обработки.

Учитывая все эти требования и используя прогрессивные технологий оптимизации процессов резания и траекторий перемещения инструмента, а также новые особенные возможности станков с ПУ мы создаем модернизированный ТП.

Особенной чертой новых станков с ПУ стал скоростной автоматический магазин инструмента. В обрабатывающем центре Alzmetall GS1400 нужный инструмент по необходимости может быстро быть загружен в шпиндель станка, и без каких-либо задержек начать обработку детали. В магазин данного станка можно загрузить до 32 наименований режущего инструмента.

Еще одной отличительной стороной модернизированного ТП стала привязка деталей к нулевым точкам системы координат станка с помощью датчика контактного измерения системы Renichaw. Применение этой технологии сокращает время наладки детали до 90%. Более подробно об этой технологии опишем ниже.

Привязка инструмента к нулевым точкам координат станка производится с помощью измерительной машины, показанной на рисунке 2.

Измерительная машина «Venturion» представляет собой высокоточное устройство фирмы ZOLLER для настройки и измерения инструментов в

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

производствах с числовым программным управлением. Это универсальное устройство может быть использовано для настройки и измерения инструментов фрезерных, токарных, горизонтально-расточных станков, многоцелевых обрабатывающих центров, многопозиционных станков-автоматов – одним словом для измерения и настройки инструментов всех видов.



Рисунок 2 – Измерительная машина Zoller «venturion 400/500»

Полученные при измерении этой машиной параметры режущего инструмента заводятся в инструментальную базу станка. Для получения точных размеров ответственных поверхностей детали, можно корректировать инструмент со стойки управления вплоть до 0,001 мм.

Заготовки для обработки детали «Корпус редуктора» поставляются в механический цех с уже проконтролированными механическими свойствами, которые указаны в сопроводительном документе. При отсутствии данного документа заготовки подлежат возврату.

Далее заготовка поступает на разметку, после чего на станке Ивановец Д100 фрезеруются базовые поверхности. Затем заготовка поступает на станок

Ине. № подл.
Подп. и дата
Ине. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Ине. № инв.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Alzmetall GS1400, где обрабатываются все остальные размеры кроме отверстий под валы шестерен Ø80 и Ø100 мм. Эти размеры обрабатываются совместно с ответной деталью «Крышка Редуктора». Не снимая со станка деталь «Корпус редуктора» на нее ставятся штифты для взаимного базирования. На эти штифты устанавливается деталь «Крышка Редуктора» после чего свинчиваются болтами. Только после этого обрабатываются отверстия под валы шестерен. Это нужно для того, что бы сборочная деталь была соосна и имела соответствующую точность, что, в будущем, предотвратит поломку и дорогостоящего ремонта или замены.

В сравнении с базовым ТП (таблица 4) в модернизированном ТП (таблица 5) сократились число операций с 12 до 6, что привело к уменьшению установов и переходов. Это значительно уменьшило время на изготовление детали, при этом улучшилось качество обработки детали. Улучшение качество обрабатываемых поверхностей произошло за счет постоянного нахождения детали в одной системе координат базирования. Обрабатывающий центр Alzmetall GS1400 позволяет обрабатывать деталь в 5 осях, тогда как устаревшие станки обрабатывали деталь в 2 – 3 плоскостях. Что бы обработать поверхность не лежащей к шпинделю поверхность приходилось снимать деталь и устанавливать ее на другой станок, что естественно приводило к смещениям при наладке.

Таблица 4 – Маршрутная карта модернизированного ТП

№ Операции	Название операции	Оборудование	Примечание
005	Входной контроль	Штангенциркуль	По паспорту
010	Разметка	Разметочный стол	
015	Фрезерование	Ивановец Д100	
020	Комплексная ЧПУ	Alzmetall GS1400	Контроль первой детали
025	Комплексная ЧПУ	Alzmetall GS1400	1. Установить крышку на корпус редуктора 2. Контроль первой детали
030	Контроль станковым оборудованием	Alzmetall GS1400	Контроль первой детали

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

18

Инв. № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Инв. №. №. Взам. инв. №. Подп. и дата.

Ли. Изм. № докум. Подп. Да-

035	Слесарная	Верстак	
040	Термообработка	Печь	
045	Контрольная	КИМ	

Таблица 5 – Маршрутная карта базового ТП

№ Операции	Название операции	Оборудование	Примечание
005	Входной контроль	Штангенциркуль	По паспорту
010	Разметка	Разметочный стол	
015	Фрезерование	Ивановец Д100	
020	Фрезерование	Ивановец Д100	
025	Сверление	Вертикально сверлильный НС-12	
030	Слесарная	Верстак слесарный	Установить крышку на корпус редуктора
035	Фрезерование	Ивановец Д100	
040	Расточная	Горизонтально-расточной 2А622	
045	Сверлильная	Вертикально сверлильный НС-12	Сверлить через кондуктора
050	Слесарная	Верстак	
055	Термообработка	Печь	
060	Контрольная	Стол контроля	

Рост производительности и качество обработки детали после модернизации в сравнении с базовым ТП представлена в диаграммах в приложение В.

1.6. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

При разработке модернизированного проекта мы руководствовались соблюдением принципа совмещения и постоянства баз технологического процесса, так как это имеет огромное значение. От правильности выбора технологических баз зависят производительность и точность обработки, конструкция приспособлений, конструкция режущих и измерительных инструментов. Согласно ГОСТ 21495-76 под базированием следует понимать придание заготовке или сборочной единице требуемого положения относительно выбранной системы координат [12].

Име. № подл. Подп. и дата. Име. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата. Име. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Наибольшая точность изготовления детали достигается при использовании на всех операциях одних и тех же баз, то есть при соблюдении принципа единства баз. Желательно совмещать технологические базы с измерительными (контроль детали) базами. При совмещении технологических и измерительных баз погрешность базирования равна нулю [25].

Исходными данными для назначения технологических баз являются:

- сборочный чертеж изделия;
- чертеж детали;
- объем выпуска продукции;
- наличие и состояние технологического оборудования;
- оснащенность приспособлениями;
- оснащенность режущим инструментом;
- оснащенность измерительным инструментом;
- квалификация рабочих.

Выбранные технологические базы совместно с зажимными устройствами должны обеспечить правильное базирование и надежное крепление заготовки, гарантирующее неизменность ее положений во время обработки, а также простую конструкцию приспособления, удобство установки и снятия заготовки на выполняемом технологическом базировании.

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при обработке, контроле и сборке изделия. Выделяют основные и вспомогательные базы, черновые и чистовые базы. К основным технологическим базам детали «Корпус редуктора» относят подошву и отверстия $\varnothing 27$. К вспомогательным базам относят отверстия $\varnothing 10H7$, $\varnothing 20$ и плоскость разъёма. К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, когда отсутствуют обработанные поверхности.

В нашем случае черновой базой детали «Корпус редуктора» будет поверхность В, которая лишает деталь трёх степеней свободы – одного перемещения и двух вращений, полуотверстие Б, лишаящая деталь двух

Ине. № подл	
Подп. и дата	
Ине. № дубл.	
Взам. ине. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

степеней свободы – двух вращений и полуотверстие А, лишаящая деталь одной степени свободы – одного вращения. Таким образом, базирование полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 3.

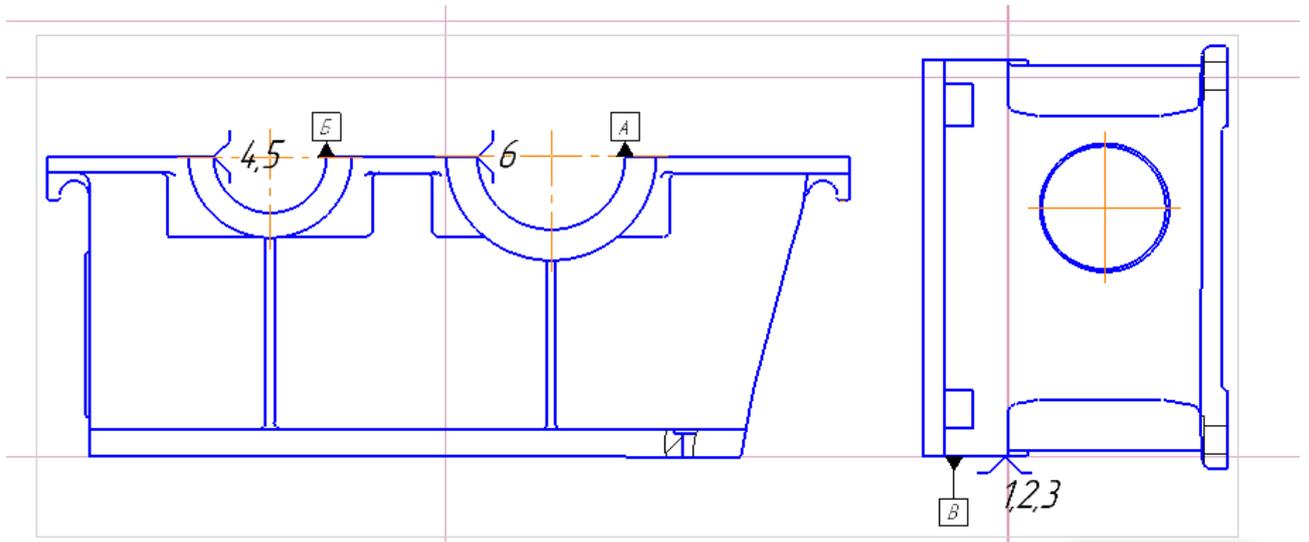


Рисунок 3 – Черновое базирование детали

Чистовая база – это окончательно обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при чистовой обработке поверхностей. В нашем случае чистовыми базами являются поверхность Д (лишает деталь трех степеней свободы – одного перемещения и двух вращений), отверстие Е (лишает деталь двух степеней свободы – двух перемещений) и отверстие Г лишает деталь одной степени свободы (одного вращения). Таким образом, базирование полное. Схема чистового базирования показана на рисунке 4.

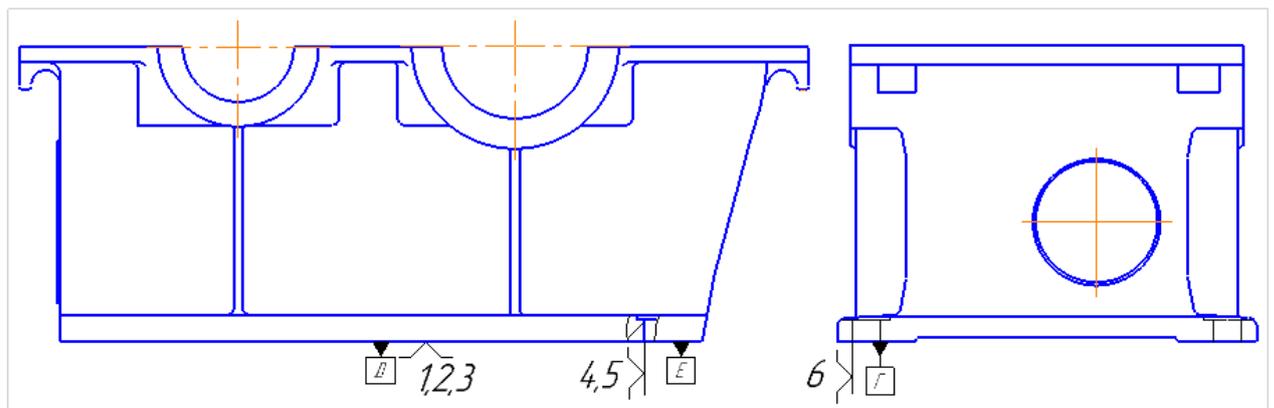


Рисунок 4 – Чистовое базирование детали

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. инв. №
Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Схема базирования на операцию корпуса редуктора в сборе с крышкой для их совместной обработки будет той же самой, что указана на рисунке 3. Так как после обработки детали, она не снимаются со станка. На деталь «Корпус редуктора» крепят деталь «Крышка редуктора», изготовленная ранее, и свинчиваются между собой болтами. Далее они обрабатываются по программе операции 025.

1.7. Выбор и описание оборудования

В связи с модернизацией цеха 37 и переоборудованием его на современные станки с ЧПУ, стала необходимо менять ТП обработки различной номенклатуры деталей, так как новые станки более многофункциональны. Для детали настоящего дипломного проекта «Корпус редуктора» был выбран обрабатывающий центр ALZMETALL GS1400 [32]. Одно из главных преимуществ обрабатывающего центра – высокая производительность: она в 3 – 8 раз превышает производительность обычных станков. Это достигается за счет сокращения вспомогательного времени, а доля машинного времени в общем цикле обработки увеличивается на 60 – 70%. Вспомогательное время уменьшается за счет таких факторов, как высокая скорость функционирования рабочих элементов, автоматическая смена инструментов и т.д. Один обрабатывающий центр с успехом выполняет целый комплекс работ, требующих высокой точности. Руководство процессом происходит благодаря установленной оператором управляющей программе.

Обрабатывающий центр ALZMETALL GS1400 оснащён транспортёром для удаления стружки, системой охлаждения, системой очистки СОЖ и отсасывающей установкой. Программное обеспечение станка от SINUMERIK со стойкой 840 D SL Siemens имеет токарные и фрезерные функции. На рисунке 4 изображен общий вид станка.

Особенности 5-и осного обрабатывающего центра ALZMETALL GS1400:

- Специфическая концепция станка с подвижным порталом (ASGK);

Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.
Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.	Ине. № инв.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

– Конструктивные элементы станины из серого чугуна и чугуна с шаровидным графитом;

Станок оснащён следующими опциями: транспортёр для удаления стружки, система охлаждения, система очистки СОЖ и отсасывающая установка. Дополнительное оборудование (опции) устанавливается с правой и левой стороны станка.



Обработка с 5 осями GS 1400/5-FDT

Рисунок 5 – Обрабатывающий центр ALZMETALL GS1400

- Ходовая часть двойной несущей балки в системе «Boxin-Box» с однокорпусным крестовым блоком;
- 4-ступенчатая система линейных направляющих для ходовой части и салазок суппорта Z-оси с интегрированным главным шпинделем;
- 3-ступенчатые моментные приводы для оси поворота и вращения (А- и С-ось);
- Гибридные обработки, как сверление / фрезерование / точение / шлифование за один установ;

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

– Возможность крепления обрабатываемой детали весом до 3000 кг, включая зажимное приспособление.

Модель станка очень удобна и ориентирована на оператора. ОЦ имеет:

- Доступ к столу станка на панели оператора;
- В рабочей зоне возможно использование крана, подвод обрабатываемой детали сверху;
- Шахта для стружки непосредственно под столом станка;
- Промывка рабочего пространства СОЖ;
- Автоматическое открытие и закрытие защитных дверей;
- Эргономичный доступ на одном уровне к шкафу управления и для технического обслуживания.

На рисунке 6 изображен станок в разрезе, где можно разглядеть все элементы обрабатывающего центра ALZMETALL GS1400.

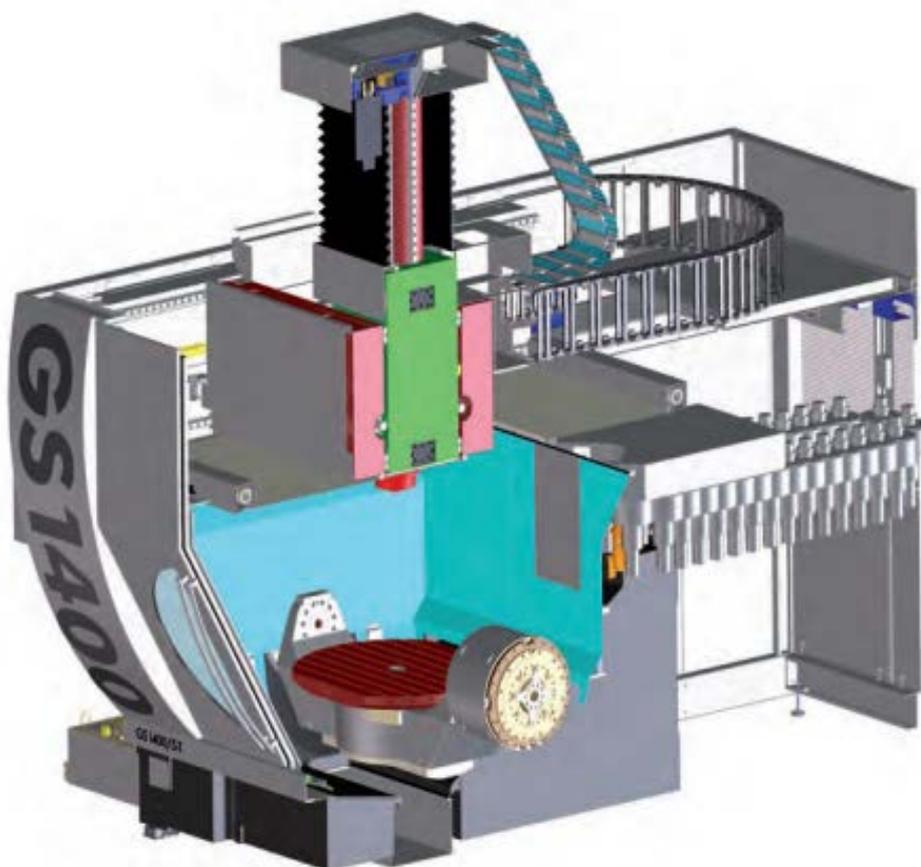


Рисунок 6 – Станок в разрезе

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

24

На рисунке 7 показана поворотно-откидная комбинация (SDK) со стандартным поворотным столом \varnothing 800 мм. Также показан моментный привод в разрезе. Преимущества применение данной технологии:

- Моментные двигатели – прямые, ротационные приводы для высокоскоростной, осциллирующей обработки – не требуют технического обслуживания;

- Два моментных двигателя, встроенных по обеим боковым стенкам, в виде ЧПУ-поворотной оси (А-оси);

- ЧПУ-поворотный стол (С-ось) с моментным приводом.

Преимущества применение данной технологии:

- Максимальные скорости поворота и вращения при исключительном качестве регулирования;

- Высокие точности станка – отсутствие мёртвых ходов;

- Отсутствие трения компонентов привода;

- Отсутствие износа и необходимости технического обслуживания как существенные преимущества на протяжении всего срока службы станка (ТСО).

Ине. № подп	
Подп. и дата	
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Ине. № инв.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

44.03.04. 320 ПЗ

→ Максимальные скорости поворота и вращения при исключительном качестве регулирования

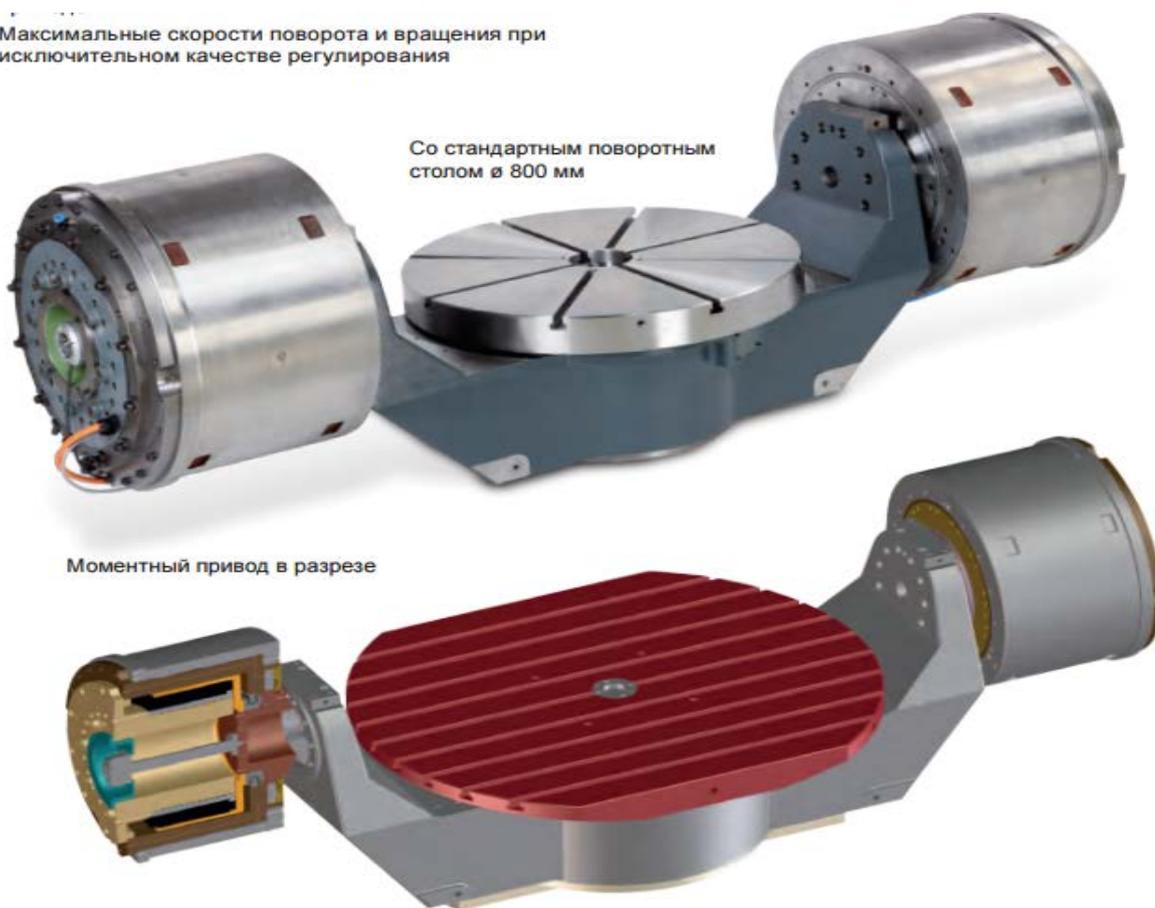


Рисунок 7 – Поворотный стол

Таблица 6 – ТТХ обрабатывающего центра ALZMETALL GS1400

Перемещение по осям X / Y / Z-оси	1200/1300/800 мм
Расстояние шпинделя поворотный стол мин / макс.	188/988 мм
NC поворотный стол	
Вожделение в наклоне и осью поворота	напрямую (с крутящим моментом двигателей)
Поворот оси области A	+ 140 ° -140 °
Скорость качания Ось макс.	30 мин ⁻¹
Включение диапазона C-ось	360 ° бесконечны
Скорость оси C макс.	560 мин ⁻¹
Вращающий момент охлаждают 100% ED S1	Макс. 2400 Нм [3400 Нм]
Ось Поворотный стол C	ø 800 мм, [O1000]
T-образные пазы в соответствии с DIN 650, 8	4 x 18 и 4 x 18 H12 H7
Устройство радиального [параллельны]	8 x 45 °
Центрирование поворотного стола	диам 50 мм H7
Таблица нагрузки макс.	3000 кг
Размах круг на средних осях	диам 1420 мм
Поворотный круг в середине оси X	ø 1380 мм
Поворотный стол в центре A-оси	100 мм
Питание привода X-, Y- и Z-оси	
АС сервоприводы необслуживаемый, цифровой	

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

26

Ускоренный ход X, Y, Z-ось макс.	82 м / мин
Ускорение в пространстве макс.	10 м / с
Усилие подачи X, Y - и Z. (40% ED)	16 кН
Главный привод шпинделя	
Высокая частота шпиндельный двигатель с торцовыми зубьями	
держатель инструмента	HSK-T100, [HSK-T63] DIN 69893
Мощность привода на 25% ED	82 кВт
Диапазон скоростей плавная макс.	14 000 об / мин
Крутящий момент при 25% макс.	500 Нм
Инструментальный магазин	
Места в магазине 1 цепь [2 цепи] [полка]	33 [66] [126] [186] [250]
Диаметр инструмента полностью оборудован макс.	125 мм
Инструмент Диаметр без прилегающего макс.	250 мм
Длина инструмента макс.	425 мм для Ø80 мм [500 мм]
Вес инструмента макс.	32 кг
Время смены инструмента ки	4 s
Чип-на-чипе время ок	7 лет
Система измерения смещения	
Допуск установки ТП в соответствии с DIN ISO 230-2 [VDI / DGQ 3441]	непосредственно <= 0.007 мм [<= 0,005 мм]
вес машины	31300 кг
CNC	840 SL Siemens

1.8. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания

Прогресс в области режущего инструмента металлообработки тоже не стоял на месте. Для станков с ЧПУ были разработаны новые виды инструмента, а в месте с ними оправки и державки, для крепление инструмента. При металлообработке детали «Корпус редуктора» на станке ALZMETALL GS1400 используем режущий инструмент фирмы «Seco». Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «Seco» [26,27,28]. При выборе инструмента и «начальных» режимов резания, первым делом, необходимо определить группу принадлежности обрабатываемого материала. Классификация материалов ведется в соответствии со стандартом ISO 513-2014: представители (материалы) каждой

Ине. № дубл.	Подп. и дата
Взам. ине. №	
Ине. № дубл.	
Подп. и дата	
Ине. № подп	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

27

группы вызывают в процессе их обработки качественно одинаковый тип нагрузки на режущую кромку, и, соответственно, подобный тип износа. Материал, из которого выполнена деталь «Корпус привода» (АЛ-9-1) относится к группе N-23 [33].

Операция 020 Комбинированная на ОЦ с ЧПУ.

Переход 1. Фрезеровать плоскость 1.

Фреза торцевая R220.69-D80-40-17 [26], где обозначено: R220.69– фреза торцевая, D80 – диаметр фрезы (80 мм), 40 – посадочный диаметр, 17 – размер режущей кромки сменной пластины (рисунок 8).

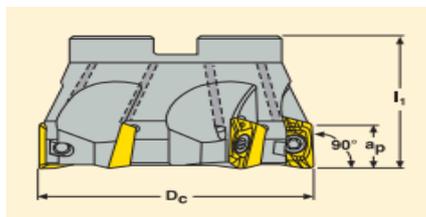


Рисунок 8 – Фреза торцевая R220.69

Размеры фрезы: $D=80$ мм, $D_a=40$ мм, $L=63$ мм, $a_p=17$ мм, $Z=5$ [26].

Пластина R220.69 APCR 160504R-P IC28 [26], где обозначено: R220.69 – высокопозитивная пластина со шлифованной передней поверхностью, А - форма пластины, Р - задний угол (равен 11°), С – класс точности, R – тип СМП, 16 – номинальная длина режущей кромки, 05 – толщина (5,50 мм), 04 – радиус при вершине (0,4 мм), R – направление резания (правое), Р – внутреннее обозначение, IC28– материал пластины [26].

IC28 – твердый сплав без покрытия, применяется в основном для обработки алюминия на средних скоростях резания со средним и большим сечением стружки.

Рекомендуемые режимы резания ($a_p=8...14$ мм, $f=0,15...0,25$ мм/зуб) [27, с. К31], $V_c=50...640$ м/мин [26].

Переход 2. Фрезеровать торцы поверхностей 2 и 3 в размер 260Н12

Фреза дисковая с СМП SECO 25J9X65 (рисунок 9).

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----



Рисунок 9 – Фреза дисковая с СМП SECO 25J9X65

Размеры фрезы: $D=65$ мм, $D_a=40$ мм, $L=63$ мм, $a_p=17$ мм, $Z=8$ [25].

Переход 3. Центровать отверстия последовательно в 20-ть местах, поверхность 4,5 и 6.

Центровочное сверло SECO SCD 120-056-120 AG5 IC08 (рисунок 10) [27].

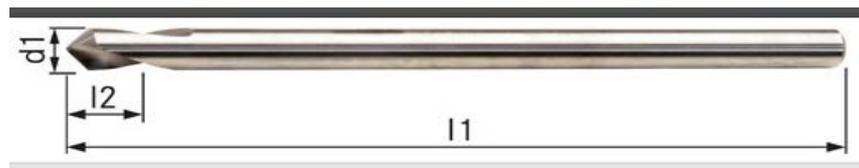


Рисунок 10 – Центровочное сверло SECO SCD 120-056-120 AG5 IC08

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=70...300$ м/мин, $f=0,25...0,45$ мм/об) [27].

Переход 4. Сверлить последовательно 8 отверстий $\varnothing 20$ мм, на поверхности 4.

Сверло со сменными пластинами SD503-20-60-C5 (рисунок 11).



Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

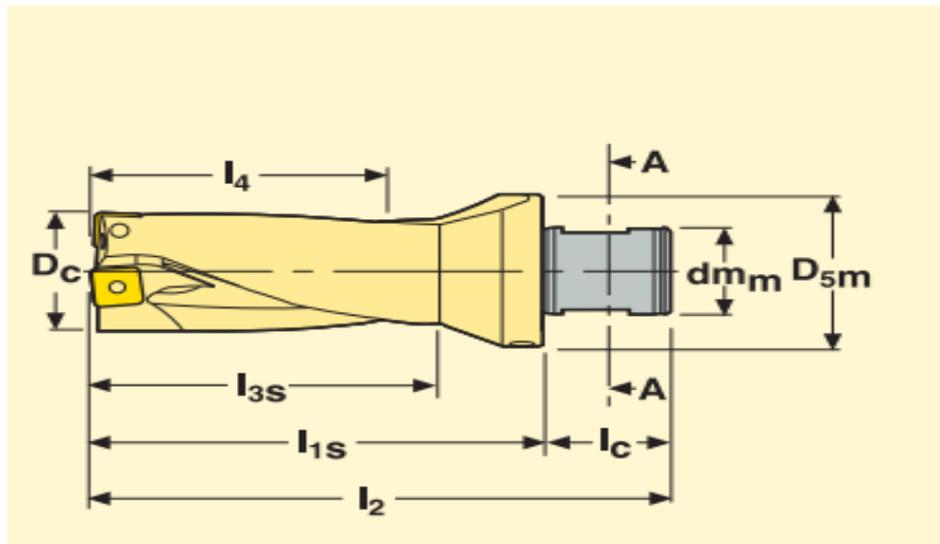


Рисунок 11 – Сверло со сменными пластинами SD503-20-60-C5

Переход 5. Сверлить последовательно 4 отверстия $\varnothing 10$ мм.

Сверло SCD 085-049-100 AG5 IC08 (рисунок 12) [27], где обозначено: SCD – монолитное твердосплавное сверло, 010 – диаметр сверла (10 мм), 049 – эффективная глубина сверления (49 мм), 100 – диаметр хвостовика (10 мм), А – тип хвостовика (цилиндрический) с наружным охлаждением, G – общего применения [14].

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=70...300$ м/мин, $f=0,25...0,45$ мм/об) [27].

Материал сверла – твердый сплав IC08 [27].

Твердый сплав марки IC08 предназначен для обработки алюминия. Сплав без покрытия [27].

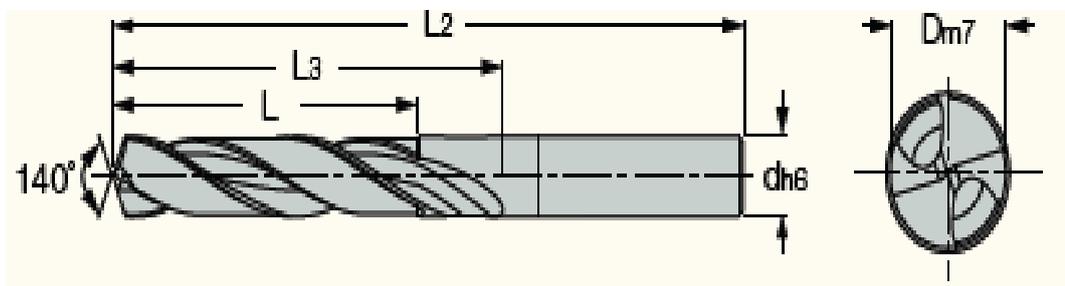


Рисунок 12 – Сверло спиральное монолитное

Переход 6. Сверлить последовательно 2 отверстия $\varnothing 7$ под штифт поверхность 7.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Сверло SCD 070-049-70 AG5 IC08 (рисунок 12) [27], где обозначено: SCD – монолитное твердосплавное сверло, 007 – диаметр сверла (7мм), 049 – эффективная глубина сверления (49мм), 700 – диаметр хвостовика (10мм), А – тип хвостовика (цилиндрический) с наружным охлаждением, G – общего применения [27].

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=70...300$ м/мин, $f=0,25...0,45$ мм/об) [26].

Материал сверла – твердый сплав IC08 [27].

Твердый сплав марки IC08 предназначен для обработки алюминия. Сплав без покрытия [26].

Операция 025 Комбинированная на ОЦ с ЧПУ.

Переход 1. Фрезеровать плоскость 1, 5 и 6.

Фреза торцевая R220.69-D80-40-17, где обозначено: R220.69– фреза торцевая, D80 – диаметр фрезы (80 мм), 40 – посадочный диаметр, 17 – размер режущей кромки сменной пластины (рисунок 8).

Размеры фрезы: $D=80$ мм, $D_a=40$ мм, $L=63$ мм, $a_p=17$ мм, $Z=5$ [26].

Переход 2. Центровать отверстия последовательно в 20-ти местах, поверхность 2 и 7.

Центровочное сверло SECO SCD 120-056-120 AG5 IC08 (рисунок 9).

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=70...300$ м/мин, $f=0,25...0,45$ мм/об)

Переход 3. Сверлить последовательно 6 отверстия $\varnothing 10,6$ под резьбу M12, поверхность 2

Сверло SCD 106-049-100 AG5 IC08 (рисунок 11), где обозначено: SCD – монолитное твердосплавное сверло, 085 – диаметр сверла (10,6 мм), 049 – эффективная глубина сверления (49 мм), 100 – диаметр хвостовика (10 мм), А –

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

тип хвостовика (цилиндрический) с наружным охлаждением, G – общего применения.

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=70\ldots300$ м/мин, $f=0,25\ldots0,45$ мм/об).

Материал сверла – твердый сплав IC08. Твердый сплав марки IC08 предназначен для обработки алюминия. Сплав без покрытия.

Переход 4. Сверлить последовательно 24 отверстия $\varnothing 8,5$ под резьбу M10, поверхность 8.

Сверло SCD 085-049-100 AG5 IC08 (рисунок 12), где обозначено: SCD – монолитное твердосплавное сверло, 085 – диаметр сверла (8,5мм), 049 – эффективная глубина сверления (49 мм), 100 – диаметр хвостовика (10 мм), A – тип хвостовика (цилиндрический) с наружным охлаждением, G – общего применения.

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=70\ldots300$ м/мин, $f=0,25\ldots0,45$ мм/об).

Материал сверла – твердый сплав IC08. Твердый сплав марки IC08 предназначен для обработки алюминия. Сплав без покрытия.

Переход 5. Расточить отверстие 3, 6 и 9 начерно.

Предварительное растачивание в размер $\varnothing 74,8$ мм, $\varnothing 79,8$ мм и $\varnothing 99,8$ мм
Головка расточная комбинированная ВНС МВ50-50x87 [28] (рисунок 13).

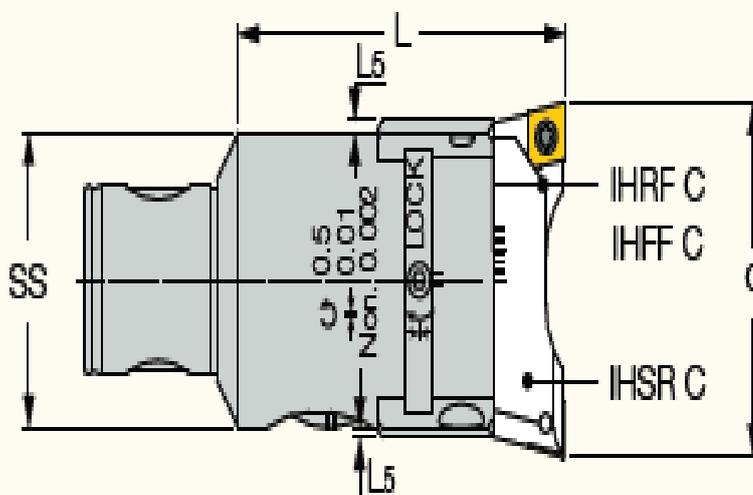


Рисунок 13 – Расточная головка комбинированная

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Размеры головки: $D_1=40$ мм, $d=60\dots125$ мм, $L=87$ мм [28].

Державка IHFF 60-75-C [28] (рисунок 14).

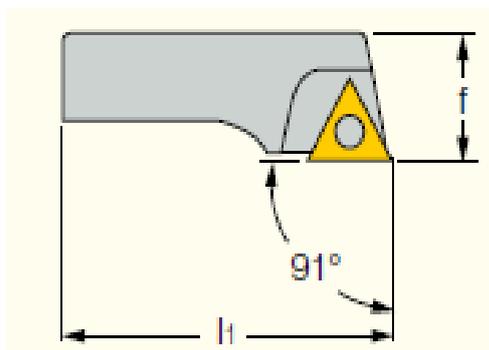


Рисунок 14 – Державка к расточной головке

Размеры державки: $f=18,8$ мм, $l_1=54$ мм.

Пластина TPGX 110304 ID5 [28].

Рекомендуемые режимы резания: $ap=0,1\dots3,0$ мм; $f=0,05\dots0,30$ мм/об.

Переход 6. Расточить отверстие 3, 6 и 9 начисто.

Предварительное растачивание в размер $\varnothing 75$ мм, $\varnothing 80$ мм и $\varnothing 100$ мм

Головка расточная комбинированная ВНС MB50-50x87 (рисунок 13).

Размеры головки: $D_1=40$ мм, $d=60\dots125$ мм, $L=87$ мм.

Державка IHFF 60-75-C [28] (рисунок 14).

Размеры державки: $f=18,8$ мм, $l_1=54$ мм.

Пластина TPGX 110304 ID5.

Рекомендуемые режимы резания: $ap=0,1\dots3,0$ мм; $f=0,05\dots0,30$ мм/об.

Рекомендуемая скорость резания $V_c=250\dots350$ м/мин.

Переход 7. Нарезать последовательно резьбу M10 в 24-х отверстиях поверхность 8.

Фреза MTECB 08078 C24 1.5ISO IC908 (рисунок 15), где MTEC резьбовая фреза, В – отверстие для охлаждения, 08 – диаметр хвостовика, 078 – диаметр режущей части, С – число зубьев $Z=3$, 24 – длина резьбы, 1,5 – шаг, ISO – стандарт резьбы, IC908 – марка сплава [28].

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=160\dots300$ м/мин, $f=0,07$ мм/зуб).

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

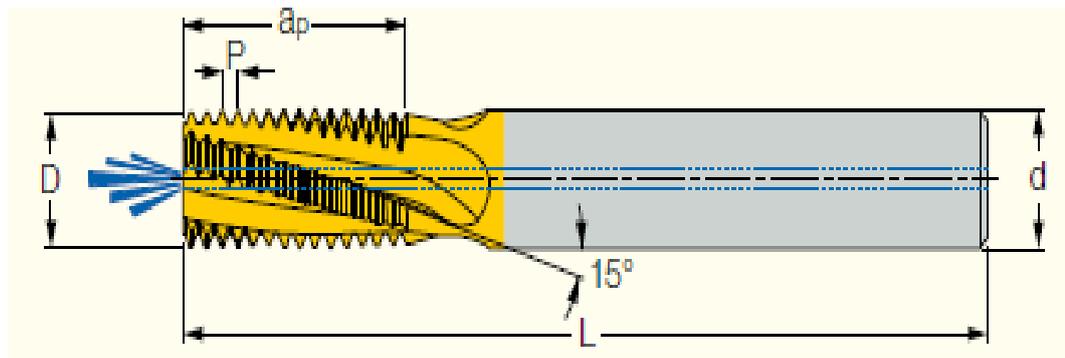


Рисунок 15 – Монолитная концевая резьбонарезная фреза

Переход 8. Нарезать последовательно резьбу М12 в 6-х отверстиях поверхность 2.

Фреза МТЕСВ 08078 С24 1.5ISO IC908 (рис. 9) [28], где МТЕС резьбовая фреза, В – отверстие для охлаждения, 08 – диаметр хвостовика, 078 – диаметр режущей части, С – число зубьев $Z=3$, 24 – длина резьбы, 1,5 – шаг, ISO – стандарт резьбы, IC908 – марка сплава [27,].

Рекомендуемые режимы резания при обработке АЛ-9 ($V_c=160...300$ м/мин, $f=0,07$ мм/зуб) [27].

Для операций элементы режима резания определим по каталогу фирмы «SECO», а результаты занесем в таблицу 7.

Таблица 7 – Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	S ₀ , мм/об	S _м , мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
--	-------	------------------------	-------------------------	-----------	----------

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Операция 020 Комбинированная с ЧПУ					
Переход 1	3,0	1,0	637	637	250
Переход 2	4,25	0,35	2623	7493	200
Переход 3	1,6	0,35	1858	5308	200
Переход 4	0,75	0,21	1404	6688	210
Переход 5	3,0	1,0	637	637	250
Переход 6	3,0	0,17	262	1540	300
Операция 025 Комбинированная с ЧПУ					
Переход 1	3,0	1,0	637	637	250
Переход 2	3,0	0,17	262	1540	300
Переход 3	1,6	0,15	147	979	200
Переход 4	3,0	0,17	260	1531	250
Переход 5	1,6	0,15	182	1216	210
Переход 6	4,25	0,35	2623	7493	200
Переход 7	1,6	0,35	1858	5308	200
Переход 8	0,75	0,21	1404	6688	210

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

44.03.04. 320 ПЗ

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Разработка твердотельной 3D модели детали

«КОМПАС» – семейство систем автоматизированного проектирования (САПР) от российской компании «Аскон» с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС [30].

Программы данного семейства автоматически генерируют ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже. Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи.

В этой программе была создана объёмная модель детали «Корпус редуктора». 3D модель (см. рисунок 1).

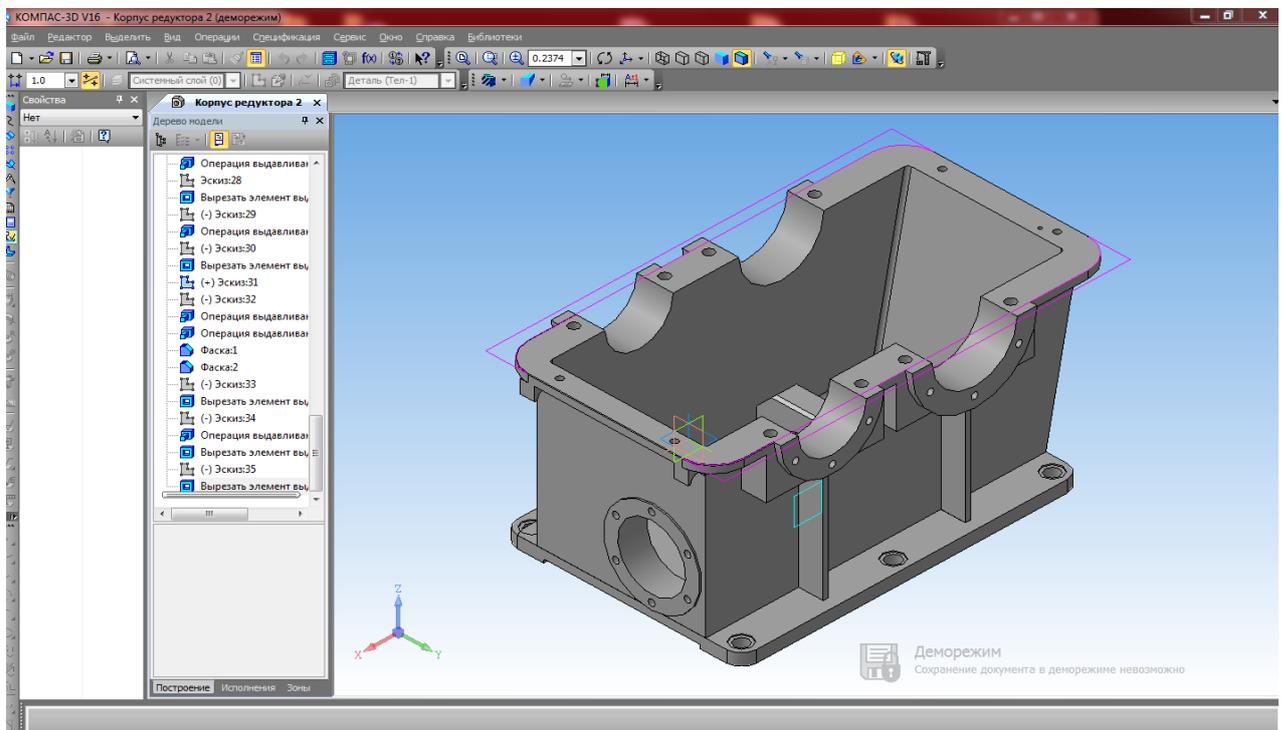


Рисунок 16 – Трёхмерная модель детали «Корпус редуктора»

Имеется возможность связи трёхмерных моделей и чертежей со спецификациями, то есть при проектировании спецификация может быть

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

получена автоматически; кроме того, изменения в чертеже или модели будут передаваться в спецификацию, и наоборот. Примером тому может послужить рисунок 16 и построенный по нему чертеж в приложении Б.

Более того богатая конструкторская и технологическая библиотека программы позволяет уменьшить затраты времени на поиск и проектирование стандартных видов большинства машиностроительных элементов (крепежные изделия, профили, соединения и т.д.), уменьшается время на выбор и поиск применяемых материалов. Увеличиваются конструкторские возможности проектирования деталей сложных конфигураций (винтовые поверхности, тонкостенные, дутьевые, радиусные и прочее).

«Компас» выпускается в нескольких редакциях: «Компас-График», «Компас-СПДС», «Компас-3D», «Компас-3D LT», «Компас-3D Home». «Компас-График» может использоваться и как полностью интегрированный в «Компас-3D» модуль работы с чертежами и эскизами, и в качестве самостоятельного продукта, предоставляющего средства решения задач 2D-проектирования и выпуска документации.

Основные компоненты «Компас-3D» — собственно система трёхмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования «Компас-График» и модуль проектирования спецификаций. Система «Компас-3D» предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами компании «Аскон».

Ине. № подл	
Подп. и дата	
Ине. № дубл.	
Взам. ине. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

2.2. Управляющая программа для станка с ЧПУ Alzmetall GS1400 детали «Корпус редуктора»

Автоматизированной разработкой программ для станков с ЧПУ занимаются САМ системы. На ПАО «МЗиК» для станков со стойкой SIEMENS используют программу Sinutrein PowerMILL. **PowerMILL** - программный продукт компании Delcam plc. (Великобритания), появился во второй половине 90-х годов из UNIX ориентированной системы Duct, которая разрабатывалась с 70-х годов прошлого века. Пакет предназначен для программирования фрезерной обработки на станках с ЧПУ. PowerMILL - мировой лидер в области 2, 3 и 5-ти осевого фрезерования, предлагает широкий набор инструментов для решения задач в различных областях промышленности. На этой странице будет публиковаться информация о PowerMILL и постпроцессорах для данного продукта.

Автоматизированная система **PowerMILL** имеет большую базу станков и номенклатуру инструмента, а так же производит точную симуляцию обработки, что позволяет выявить все нюансы создаваемых операций и переходов. Генератор постпроцессоров имеет широкие возможности редактирования и настройки, что позволяет подстроить программу под любого производителя.

Обрабатывающий центр снабжен системой SIEMENS SINUMERIK 840D. Совместно с цифровым преобразователем SIMODRIVE 611D и ПЛК SIMATIC S7-300 SINUMERIK 840D представляет полностью цифровую систему, которая подходит для сложных задач обработки и демонстрирует высокий уровень динамики и точности. SINUMERIK 840D в модуле NCU (Numeric Control Unit – устройство числового управления) объединяет задачи ЧПУ, ПЛК и коммуникации. Установленный в каркас-носитель, NCU встраивается непосредственно в цифровую систему преобразования SIMODRIVE 611D, при этом он располагается справа, непосредственно у модуля питания-рекуперации. Варианты процессоров NCU и системное программное обеспечение дает возможность оптимальной адаптации к станку и к задаче обработки. Такой модульный принцип позволяет оснастить целый ряд станков различного типа.

Ине. № дубл.	Ине. № инв. №	Подп. и дата
Ине. № подл.		Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

37

2.3. Фрагмент управляющей программы:

Таблица 8 – Расшифровка команд программы

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание кадра УП
1	2
;(DIS,"KORPUS REDUCTORA 2, OTV D100"CHERN. RASTOCH.SYS)	Информация для оператора
G17 G94 G97 G90	Выбор рабочей плоскости X-Z, подача в об/мин, вращение шпинделя в об/мин, абсолютные размеры
G40 G54	Отмена компенсации радиуса инструмента, включение системы координат детали.
T08 M6 D1	Смена инструмента, выбор фрезы, выбор корректора 1
M3 S200	Включение шпинделя с заданной частотой оборотов, вращение по часовой стрелке.
G0 X-65 Y-100 Z5	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M7	Включение внутренней подачи СОЖ
CYCLE83 (2, 0, 2, -65,,- 100,,, 0, 1, 1, 3, 100, 0,)	Цикл расточки 1-го отверстия на диаметр 99,8 с абсолютной конечной глубиной сверления, 96 – плоскость отвода, 93 - базовая плоскость, 3-безопасное расстояние, 90 – абсолютная глубина сверления
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 Z500	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M0	Приостановка программы для проверки параметров
;(DIS,"KORPUS REDUCTORA 2, OTV D100"CHIST. RASTOCH.SYS)	Информация для оператора
G17 G94 G97 G90	Выбор рабочей плоскости X-Z, подача в об/мин, вращение шпинделя в об/мин, абсолютные размеры

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Окончание таблицы 8

1	2
G40 G54	Отмена компенсации радиуса инструмента, включение системы координат детали.
T08 M6 D1	Смена инструмента, выбор фрезы, выбор корректора 1
M3 S200	Включение шпинделя с заданной частотой оборотов, вращение по часовой стрелке.
G0 X-65 Y-100 Z5	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M7	Включение внутренней подачи СОЖ
CYCLE83 (2, 0, 2, -65,,-100,,, 0, 1, 1, 3, 100, ,0,)	Цикл расточки 1-го отверстия на диаметр 100 с абсолютной конечной глубиной сверления, 96 – плоскость отвода, 93 - базовая плоскость, 3-безопасное расстояние, 90 – абсолютная глубина сверления
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X450 Y420 Z460	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M0	Приостановка программы для проверки параметров

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

39

3. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛИ ПРИ ПОМОЩИ ДАТЧИКА КОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ СИСТЕМЫ RENISHAW

3.1. Преимущества датчиков контактного измерения

Важнейшую роль в обеспечении качества и конкурентоспособности продукции практически всех отраслей промышленности играет контрольно-измерительная техника, в которой особое место занимают средства измерения и контроля геометрических параметров ответственных деталей, узлов машин и механизмов [17].

В условиях современного рынка, жесткой конкуренции и постоянного совершенствования технологий на предприятиях различных областей промышленности остро встает проблема быстрого и всестороннего контроля деталей, оснастки, заготовок, а также получения прототипов будущих изделий. Большинство предприятий России, действуя по старинке, используют в качестве средств контроля различные шаблоны, щупы и контрольные приспособления, которые зачастую не позволяют провести измерения в локальных зонах, указанных по требованию конструкторов, технологов и контролеров ОТК.

На ПАО «МЗиК» перешли на качественно другой уровень в плане измерения деталей и заготовок. Применение контактного измерения на станках с ЧПУ при помощи датчиков Renishaw значительно повысила продуктивность.

Сегодня контактные измерения стало общепризнанным способом, применение которого обеспечивает достижение максимальных показателей эффективности работы, качества и точности. Стандартные программы, встроенные в современные системы ЧПУ, упрощают интеграцию измерительных циклов в операции по обработке и средства, работающие в автоматическом режиме. Такие стандартные программы в сочетании с интерфейсом САД-систем делают очень удобным процесс моделирования измерительных функций. Датчики компании Renishaw обеспечивают

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

значительную экономию затрат и дают повышение качества при решении любых задач на станках.

Измерительные системы компании Renishaw предлагаются в качестве оригинального оборудования всеми крупными производителями станков, кроме того, всё большее число таких систем предусматривает модернизацию на станках, уже находящихся в эксплуатации. Контактные измерения дают преимущества при работе на станках любых размеров и конфигураций, включая следующее:

- обрабатывающие центры с ЧПУ, вертикальные, горизонтальные и порталные;
- токарные станки с ЧПУ и токарно-фрезерные центры с ЧПУ;
- шлифовальные станки с ЧПУ;
- станки для сверления и фрезерования печатных плат и даже ручные станки.

Независимо от типа оборудования, сферы применения или существующей проблемы всегда найдется измерительная система компании Renishaw, которая позволит преобразить технологический процесс и повысить прибыльность. Обширная гамма продукции, исключительный уровень компетентности и поддержки – вот те убедительные аргументы в пользу датчиков измерения.

Как известно, время – деньги, и время, затрачиваемое на установку заготовок вручную и контроль готовых изделий, предпочтительнее тратить на обработку. Контрольно-измерительные системы компании Renishaw позволяют исключить из технологического процесса дорогостоящие простои станков и брак, связанные с выполнением наладки и контроля инструмента вручную. Повышение производительности существующего оборудования. Если станки работают с перегрузкой, то это может означать, что необходимы значительные инвестиции для восполнения нехватки станков.

- Отсрочить капитальные расходы;

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

– Уменьшить суммы счетов от субподрядчиков и счетов за работу во внеурочное время;

– Выполнять дополнительные заказы.

Снижение количества переделок, отступлений и брака Отбраковка деталей всегда была болезненной процедурой - это связано с потерями времени, сил и материалов. Точно так же повторная обработка и отступления от требований приводят к задержкам поставки, “пожарным” работам и сверхурочной работе. Если бы можно было в значительной степени устранить такие затраты на обеспечение качества, это помогло бы повысить динамичность и прибыльность производства

– Улучшить степень соответствия требованиям и повысить стабильности результатов;

– Снизить себестоимость единицы продукции;

– Сократить время наладки.

Спрос на все более сложные работы растет, и при этом требования к единству измерений в ходе технологического процесса возрастают. Нужен рентабельный способ значительного повышения возможностей процессов обработки и измерений:

– Предложить заказчикам самые современные возможности обработки;

– Увеличить объем более сложных работ;

– Обеспечить требования заказчиков к измерениям.

Исходя из собственного опыта отладки технологических процессов, компания Renishaw разработала простую схему для иллюстрации того, как метрологические системы могут обеспечивать эффективность работы благодаря контролю процессов обработки.

Решения, предлагаемые компанией Renishaw, дают возможность повысить эффективность и производительность обработки. Системы контроля процессов обработки компании Renishaw могут использоваться непосредственно перед, в процессе, и после завершения обработки. До

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

обработки, системы компании Renishaw, обеспечивающие базовые элементы технологического процесса, позволяют добиться максимальной стабильности характеристик станка и техпроцессов. При использовании непосредственно перед обработкой, системы компании Renishaw, обеспечивают настройки техпроцесса. При обработке системы компании Renishaw, обеспечивающие контроль в процессе, позволяют учитывать неизбежные отклонения при работе на станке и фактические условия в конкретный момент. После завертки системы компании Renishaw, обеспечивающие контроль готовой детали, позволяют запротоколировать результат технологического процесса и выполнить проверку полученной детали и устойчивости технологического процесса.

Исходя из собственного опыта отладки технологических процессов, компания Renishaw разработала простую схему для иллюстрации того, как метрологические системы могут обеспечивать эффективность работы благодаря контролю процессов обработки.

3.2. Принцип работы контактного датчика системы Renishaw

Датчики, устанавливаемые на станках, часто называют триггерными контактными датчиками (или датчиками касания): в них реализована система срабатывания при контакте измерительного наконечника (щупа) датчика с деталью при ее измерении или установке. Степень повторяемости срабатывания является очень высокой. При срабатывании датчик посылает сигнал в систему управления через интерфейс, и система управления (почти одновременно) автоматически фиксирует положение станка по его энкодером (система обратной связи)(рисунок 17).

Энкодер – устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота.

Име. № подл	
Подп. и дата	
Име. № дубл.	
Взам. име. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-



Рисунок 17 – Система Renishaw

После регистрации координат точки датчик перемещается дальше для срабатывания в другом месте. После регистрации нескольких точек становится известной форма элементов и профиля деталей. Минимальное количество точек, в которых требуется выполнить измерение в случае элемента каждого типа (см. рисунок 18), определяется известными степенями свободы данного элемента. При измерениях выполняется замена элемента детали его теоретической моделью, например, окружностью или трехмерным угловым элементом. Сравнение фактического и расчетного размеров позволяет определить отклонение и выполнить точный, исчерпывающий контроль. Результирующая обратная связь является основой следующих видов контроля: профилактического, прогнозирующего, активного и информативного, которые необходимы для обеспечения комплексного эффективного контроля технологических процессов [29].

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

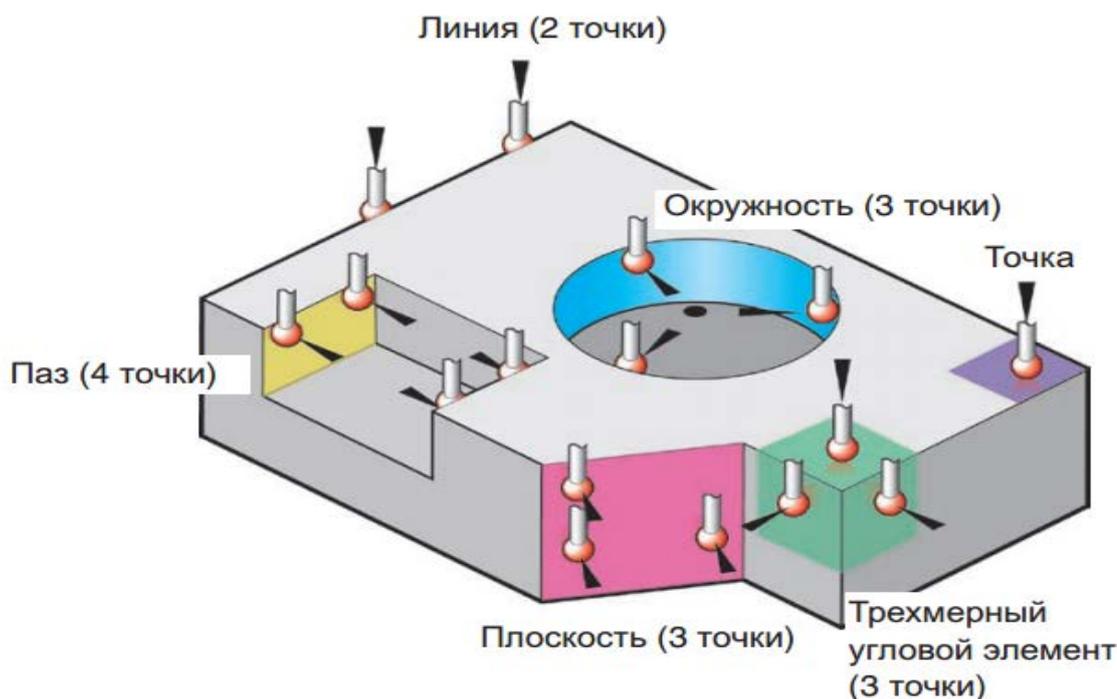


Рисунок 18 – Измерение контактным датчиком

3.3. Конструкция датчиков контактного измерения системы Renishaw

Плод инновационных разработок в течение многих лет, запатентованный компанией Renishaw, конструкция датчика сочетает в себе испытанный на практике принцип работы тензодатчиков на базе кремния со сверхкомпактной электроникой, что обеспечивает непревзойденные характеристики работы этого устройства. Примерами последних тензодатчиков компании Renishaw являются изделия MP250, OMP400 и RMP600. Они позволяют решать на станках широкий ряд задач и дают возможность преодолеть ограничения при измерениях по трем осям, характерные для многих альтернативных разработок.

Тензометрические датчики размещаются на тщательно спроектированных элементах, установленных в конструкции датчика, но отдельно от кинематического механизма. Тензометрические датчики расположены таким образом, чтобы регистрировать все усилия на щупе, которые затем суммируются (рисунок 19).

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № подл.	Ине. № дубл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

При достижении порогового значения в любом направлении генерируется сигнал срабатывания под воздействием сил, которые намного слабее сил, необходимых для срабатывания обычного датчика. В то же время для удерживания щупа в датчиках Rengage используется кинематический механизм компании Renishaw. Такая система, используемая на практике уже более 40 лет, гарантирует повторяемость при возвращении щупа в исходное положение, что является ключевым фактором обеспечения точных измерений.

Процесс измерений полностью независим от кинематического механизма датчика. Датчики Rengage отличаются малым усилием срабатывания, высокой степенью повторяемости и стабильными характеристиками срабатывания, что обычно недостижимо при использовании датчиков обычной конструкции.

Пользуясь этим принципом работы, можно устранить до 90 % ошибок, связанных с лепестковым эффектом, что в случае измерений по двум координатам позволяет снизить объем необходимой калибровки, а при измерениях по трем координатам и сложной геометрии обеспечивает чрезвычайно высокие характеристики. Присущий все датчикам лепестковый эффект возникает вследствие изгиба щупа и перемещения механизма датчика до того, как датчик регистрирует контакт с поверхностью.

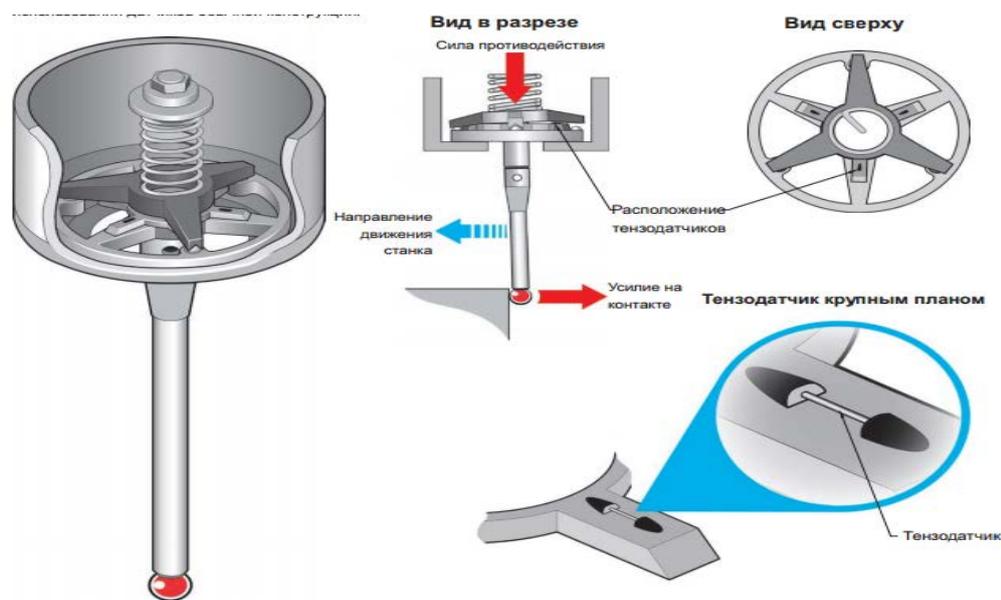


Рисунок 19 – Конструкция датчика

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

3.4. Порядок операционного контроля в системе Renishaw детали «Корпус редуктора»

Развитие современного производства, безусловно, связано с увеличением требований к качеству выпускаемой продукции. Немаловажным фактором обеспечения качества выпускаемой продукции является контроль геометрических характеристик, допусков формы и расположения всех параметров изделия, которые характеризуют точность изготовления, как отдельных элементов, так и всего изделия в целом.

До появления контактных датчиков измерения системе Renishaw большинство параметров детали «Корпус редуктора» можно было проконтролировать универсальными средствами измерения (СИ) (такими как штангенциркуль, штангенрейсмас, микрометр и т.п.), а также специальными средствами контроля (такими как калибры, шаблоны, спецоснастка и т.п.). Недостатками универсальных и специальных средств измерения можно считать негативное влияние человеческого фактора на результат измерения, значительные затраты времени на контроль ограниченного количества параметров, а также их узкое предназначение, таким образом на одно изделие требуется целый набор различных СИ. Изготовление специальных СИ требует больших материальных затрат и наличие высокоточного оборудования для их изготовления, затраты времени могут сильно влиять на сроки подготовки производства. Зачастую, изготовление специальных СИ не целесообразно и не рентабельно из-за часто меняющейся номенклатуры изделий. Для всех СИ необходимо ежегодно проводить калибровку или поверку на соответствие паспортным метрологическим характеристикам, обеспечивать специальные условия хранения, они занимают значительные лабораторные или производственные площади.

С появлением контактных датчиков измерения системе Renishaw на пути модернизации производства на ПАО «МЗиК» улучшило процедуру быстрого и точного измерения результатов обработки деталей «Корпус редуктора», не

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

47

снимая их при этом со станка. Такой подход способствовал реализации принципов рационального производства. Для этого был использован датчик RMP600 с тензоэлементами, который обеспечивает ювелирную точность «прикосновения», необходимое, например, для стабильного и точного измерения диаметров малых отверстий, контуров и контроля допусков на размер. Благодаря устранению лепесткового эффекта (описан выше) и повторяемости 0,025 мкм этот тензодатчик обеспечивает высокую точность при срабатывании с любого направления. При этом требуется однократное выполнение процедуры калибровки.

Использование контактных датчиков измерения обеспечивает на портальном пятикоординатном фрезерном станке Alzmetall GS1400 возможности координатно-измерительной машины (КИМ): ведь теперь можно получать со станка детали с результатами измерений, точность которых стандартно выдерживается в пределах 0,025 мм, что подтверждается при повторном контроле на контрольно-измерительной машине .

После окончания механической обработки изделия «Корпус редуктора» по программе «Op030 control» вызывается инструмент T32 «Renishaw». Становится в заданную позицию. Следуя программе, отталкиваясь от системы координат базирования детали в операции 020, датчик измеряет отверстие Ø80 по четырем точкам. Подойдя по координатам X210 и Y320 на безопасном расстоянии по высоте Z500, наконечник датчика опускается на глубину Z-5. Это возможное нахождение центра отверстия Ø 80. Нахождение фактического размера Ø80H7 и расположение в системе координат определяется коснем щупа внутренней поверхности отверстия (точки 1 и 2). Полученное расстояние делится пополам, для нахождения центра соответствующей осевой линии. Для нахождения центра отверстия производим касание внутренней поверхности отверстия в точках 3 и 4, а затем делим расстояние пополам.

После определения координат и размера Ø80H7 измеряем отверстие Ø100H7. По программе датчик перемещается по координатам X510 Y320 на

Ине. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
Ине. № дубл.	Подп. и дата
	Ине. № инв.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

безопасном расстоянии Z500. Опускается на глубину Z-5. Процедура измерения отверстия повторяется. Закончив измерение двух отверстий ПО станка выведет на экран фактические размеры и межосевое расстояние. Для измерения оставшихся двух отверстий противоположной стороны нажимаем кнопку «Пуск» Процедура измерения повторится. Но на экран станок уже выведет геометрические характеристики, допусков формы и расположения этих отверстий. Оператору станка остается лишь удостовериться в точности исполнения механической обработки детали по чертежу и зафиксировать в журнале.

3.5. Фрагмент управляющей программы измерения детали датчиком Renishaw

Таблица 9 – Расшифровка команд программы

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание кадра УП
1	2
;(,"KORPUS REDUCTORA 2, OTV D80H7 I D100H7") IZMERENIE .SYS	Информация для оператора
G17 G94 G97 G90	Выбор рабочей плоскости X-Z, подача в об/мин, вращение шпинделя в об/мин, абсолютные размеры
G40 G54	Отмена компенсации радиуса инструмента, включение системы координат детали.
T32 "RENISHAW"	Смена инструмента, выбор фрезы, выбор корректора 1
G0 C0 A90	Поворот стола на ускоренной подаче
X210 Y350	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
Z5	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
_MVAR=80 _SETVAL=R1 _PRNUM=3 _MA=3 KNUM=2 _FA=210 _TSA =320 VMS=0 _NMSP=1 EVNUM=0	Команды на вывод результатов измерения на экран стойки станка

Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Окончание таблицы 9

1	2
CYCLE978	Цикл измерения 1-го отверстия на диаметр 80 с абсолютной конечной глубиной, 20 –плоскость отвода, 0 - базовая плоскость, 3- безопасное расстояние, -5 – абсолютная глубина
G0 Z500	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
Y320 X510	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
Z5	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
_MVAR=80 _SETVAL=R1 _PRNUM=3 _MA=3 KNUM=2 _FA=210 _TSA =320 VMS=0 _NMSP=1 EVNUM=0	Команды на вывод результатов измерения на экран стойки станка
CYCLE978	Цикл измерения 1-го отверстия на диаметр 80 с абсолютной конечной глубиной, 20 –плоскость отвода, 0 - базовая плоскость, 3- безопасное расстояние, -5 – абсолютная глубина
G0 Z500	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
Y320 X510	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M0	Приостановка программы для проверки параметров

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Система переподготовки персонала

В проектируемом техпроцессе детали «Корпус редуктора» обработка производится на обрабатывающем центре с ЧПУ, поэтому необходима подготовка рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением».

Специалистов по данному профилю обучают в Региональном межотраслевом центре дополнительного профессионального образования, который является структурным подразделением ПАО «МЗИК».

Основной целью деятельности Центра ДПО является подготовка новых рабочих и повышение квалификации кадровых рабочих, руководителей, специалистов и других служащих предприятия на основе системы непрерывного дополнительного профессионального образования, а также обучение, повышение квалификации работников предприятия Уральского и Сибирского регионов для развития их кадрового ресурса в условиях инновационного развития и технологического перевооружения.

Результатами освоения образовательной программы по рабочей профессии «Оператор станков с программным управлением» определяются приобретенными выпускником компетенциями, т.е. его способностью применять знания, умения и личные качества в соответствии с задачами профессиональной деятельности. На освоение программы в учебном центре ДПО отводится 4 месяца.

Для этого создана система обучения на станках с ЧПУ, которая предполагает совершенно новые подходы к организации учебного процесса. В центре ДОП установлен интерактивный учебный класс для обучения операторов, наладчиков и технологов-программистов, оснащенный токарным и фрезерным станками. Курс предполагает получение теоретических знаний и

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

51

отработку практических навыков программирования в указанных системах ЧПУ.

Изучение систем ЧПУ происходит на базе интерактивного учебного класса, оборудованного специальными тренажерами, имитирующими стойки ЧПУ промышленных станков. Интерактивные классы позволяют освоить программирование в наиболее популярных системах ЧПУ: Siemens Sinumerik 810D/840D, Sinumerik Operate, Heidenhain TNC 426/430.

Кроме того, будущий оператор станков с ЧПУ осваивает как систему программирования в стандартном режиме с использованием G-кодов, так и современную систему диалогового программирования, например в ShopMill.

Обучение не только теоретическое, но и практическое. Проходящие обучения в классах работают на современных станках с ЧПУ токарной, фрезерной и шлифовальной группы. Для учебных целей в центре ДПО стоят станки этих групп. При этом учебное оборудование практически идентично промышленному.

Оператор станков с программным управлением выполняет ведение процесса фрезерной или токарной обработки с пульта управления сложных деталей на станках с программным управлением. Занимается управлением группой станков с программным управлением и установкой инструмента в инструментальные блоки. Проводит юстировку и последующую коррекцию инструмента.

При переподготовке токаря 3-6 разрядов на оператора станков с ЧПУ основная масса общеобразовательных дисциплин перезачитываются. Но на некоторые дисциплины в образовательном плане операторов станков с программным управлением отведено больше часов, в связи с этим, их необходимо повторить (таблица 10).

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

Таблица 10 – Сравнение учебных планов

Оператор станков с программным управлением-16045. Разряд 3-5.			Токарь-19149. Разряд 3-6.		
Индекс	Элементы учебного процесса	Всего часов	Индекс	Элементы учебного процесса	Всего часов
ОП.00	Общепрофессиональные дисциплины	58	ОП.00	Общепрофессиональные дисциплины	52
ОП.01	Материаловедение	10	ОП.01	Материаловедение	10
ОП.02	Допуски и технические измерения	6	ОП.02	Допуски и технические измерения	6
ОП.03	Техническое черчение и чтение чертежей	10	ОП.03	Техническое черчение и чтение чертежей	6
ОП.04	Основы электротехники	6	ОП.04	Основы электротехники	4
ОП.05	Сведения из технической механики	6	ОП.05	Сведения из технической механики	6
ОП.06	Основы организации производства и оплата труда	10	ОП.06	Основы организации производства и оплата труда	10
ОП.07	Охрана труда на машиностроительных предприятиях	10	ОП.07	Охрана труда на машиностроительных предприятиях	10
ПМ.00	Профессиональный модуль	74	ПМ.00	Профессиональный модуль	84
ПМ.01	Выполнение работ на станках с программным управлением	74	ПМ.01	Выполнение работ на токарных станках	84
ПО.01	Производственное обучение	200	ПО.01	Производственное обучение	256
	Резерв учебного времени			Резерв учебного времени	
	Консультации	4		Консультации	4
	Квалификационный экзамен	4	ИА	Квалификационный экзамен	4
	ИТОГО	340		ИТОГО	400

Разница в подготовке «Операторов станков с программным управлением 3-5 разряда» и «Токаря 3-6 разряда» по предмету «Выполнение работ на станках с программным управлением» и «Выполнение работ на токарных станках составляет» 10 часов (см. таблицу 10), поэтому для переподготовки мы выбираю предмет «Выполнение работ на станках с программным управлением».

Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

53

4.2. Анализ профессионального стандарта и трудовой функции по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Оператор станков с программным управлением выполняет ведение процесса фрезерной или токарной обработки с пульта управления сложных деталей на станках с программным управлением. Занимается управлением группой станков с программным управлением и установкой инструмента в инструментальные блоки.

Должностные обязанности оператора станков с программным управлением:

- Ведение процесса обработки с пульта управления сложных деталей по 7-10 квалитетам на станках с программным управлением.
- Обслуживание многоцелевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и манипуляторов (роботов) для механической подачи заготовок на рабочее место.
- Управление группой станков с программным управлением.
- Установка инструмента в инструментальные блоки.
- Подбор и установка инструментальных блоков с заменой и юстировкой инструмента.
- Подналадка узлов и механизмов в процессе работы.

Таким образом, функции обслуживающего персонала на станках с ЧПУ сводятся к установке, закреплению и выверке приспособлений и инструмента, вводу программ или к установке программоносителя и заготовок, замене режущего инструмента, снятию обработанных деталей и наблюдению за работой станка.

На металлорежущем станке с ЧПУ смена режущего инструмента автоматизирована. Как правило, станки с ЧПУ обслуживают оператор и наладчик, между которыми возможны два варианта распределения обязанностей. По первому варианту наладку, переналадку и подналадку выполняет наладчик, а оперативную работу и контроль за работой станка -

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

оператор. По второму варианту наладку и переналадку осуществляет наладчик, а подналадку, оперативную работу и контроль за работой - оператор.

Профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» № 530н от 4 августа 2014. Трудовые функции оператора станков с ЧПУ приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Трудовые функции оператора станков с ЧПУ

Виды	Содержание трудовых действий, умений, знаний
1	2
Трудовые действия	Ознакомление с конструкторской и производственно-технологической документацией по наладке обрабатывающих центров
	Организация рабочего места оператора станков с ЧПУ
	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров, для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 8-14 квалитетам (на основе знаний и практического опыта)
	Контроль, с помощью измерительных инструментов, точности и работоспособности позиционирования обрабатывающего центра с ЧПУ
Необходимые умения	Анализ конструкторской, производственно-технологической и нормативной документации и определение предельных отклонений размеров по стандартам, технической документации для выполнения данной трудовой функции
	Пользоваться встроенной системой измерения инструмента.
	Пользоваться встроенной системой измерения детали.
	Отслеживать состояние и износ инструмента.
	Читать и оформлять чертежи, схемы и графики; составлять эскизы на обрабатываемые детали с указанием допусков и посадок
	Рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей
	Применять контрольно-измерительные приборы и инструменты
	Выполнять наладку однотипных обрабатывающих центров с ЧПУ
Необходимые знания	Безопасные методы и приемы труда и техники безопасности
	Система допусков и посадок, степеней точности; квалитеты и параметры шероховатости.
	Параметры и установки системы ЧПУ станка
	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов
	Способы и правила механической и электромеханической наладки; устройство обслуживаемых однотипных станков
	Системы управления и структуру управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ
	Правила проверки станков на точность, на работоспособность и точность позиционирования
	Устройство, правила проверки на точность однотипных обрабатывающих центров с ЧПУ
Устройство и правила применения универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей	

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. ине. №
Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Окончание таблицы 11

1	2
	Правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов
	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента
	Основы электротехники, электроники, гидравлики и программирования в пределах выполняемой работы
	Правила и нормы по охране труда, производственной санитарии и противопожарной безопасности
	Правила пользования средствами индивидуальной защиты
	Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
	Виды брака и способы его предупреждения и устранения
	Требования по рациональной организации труда на рабочем месте
	Наименование квалификационного сертификата выдаваемого по данной трудовой функции: Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации

Рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования перспективно тематического плана повышения квалификации по профессии оператор обрабатывающих центров с ЧПУ на базе Центра ДПО подготовки кадров.

4.3. Составление перспективно-тематического плана

Перспективно-тематический план является одним из основных документов, способствующих организации учебного процесса по предмету, обеспечивает методически правильное планирование выполнения учебной программы в строгой последовательности и увязку со смежными предметами. Хорошо продуманный и качественно составленный план помогает заблаговременно подготовить к занятиям необходимые наглядные пособия, правильно спланировать проведение лабораторных и практических работ. Наличие перспективно-тематического плана дает возможность осуществлять систематический контроль со стороны учебной части и цикловой комиссии за ходом выполнения программы и равномерной загрузкой учащихся.

Тематический план учебного предмета определяет перечень тем и разделов, последовательность их расположения в программе и количество

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

отводимых на каждую тему часов. Наиболее общими характеристиками тематического плана является представленная в ней последовательность изучения тем программы и количество часов, отведенных на изучение каждой темы. Эти характеристики регулируются следующими дидактическими принципами: научность, связь теории с практикой, систематичность и доступность, унификация и дифференциация.

Эти принципы могут быть реализованы следующим образом:

- целостным и верным отражением основ соответствующей науки в тематическом плане;
- опережением теоретического обучения по сравнению с производственным;
- обеспечением формирования системных знаний у учащихся с учетом возрастных и познавательных возможностей;
- учетом специфики профессии при использовании типовых документов.

Разработанный с учетом этих принципов тематический план способен (таблица 12) будет в определенной мере решить задачи обучения учащихся предмету. Перспективно-тематический план по предмету обеспечивает:

- систематизацию тем программы дисциплины по урокам;
- возможность соотношения выбранных методов, дидактических средств, форм обучения.

Таблица 12 – Перспективно-тематический план по предмету «Выполнение работ на станках с программным управлением»

Название темы	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение
1	2	3	4
Техника безопасности при работе на многоцелевом обрабатывающем центре с ЧПУ.	2	2	
Устройство многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ	4	2	2

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

Окончание таблицы 12

1	2	3	4
Комплектность многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ и дополнительное оснащение.	1	1	
Ознакомление с возможностями системы ЧПУ (Heidenhain, Siemens).	4	2	2
Основные термины и понятия.	1	1	
Панель управления ЧПУ (Heidenhain, Siemens) и пульт управления многоцелевым ОЦ с ЧПУ.	4	2	2
Ручное управление многоцелевым обрабатывающим центром с ЧПУ.	2	1	1
Автоматическая работа многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ	4	2	2
Использование коррекции на инструмент и системы координат заготовки.	4	2	2
Основы программирования.	4	2	2
Создание и редактирование программ	4		4
Программирование обработки изделий при использовании вложенных циклов.	4	2	2
Приводной инструмент многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ	1	1	
Привязка деталей к системе координат станка с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw	4	2	2
Операционный контроль параметров детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw	4	2	2
Система подачи СОЖ	1	1	
Пневматическая система многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ.	1	1	
Техническое обслуживание многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ оператором.	2	2	
Отработка практических навыков по программированию и управлению многоцелевым обрабатывающим центром с ЧПУ.	6		6
Квалификационный экзамен	6		6
ИТОГО	74	28	46

Содержание темы «Операционный контроль параметров детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw» приведено в таблице 13.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Таблица 13 – Содержание темы «Операционный контроль параметров детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw»

№ урока	Тема урока	Учебная цель	Методы обучения	Формы организации (тип урока)	Межпредметные и внутрипредметные связи	Связь с производственным обучением
Урок 1	Устройство датчика контактного измерения системы Renishaw	Образовательная: ознакомить с устройством датчика Воспитательная: воспитать интерес к новым знаниям, Развивающая: развить способности к обобщению изучаемого материала.	Учебник; Вербальное объяснение; Рисунки на доске; Плакаты; Видео проектор.	Комбинированный	Профессиональный модуль Производственное обучение	Имеется
Урок 2	Операционный контроль параметров детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw	Образовательная: повторить и изучить способы операционного контроля детали с помощью датчика; Воспитательная: воспитать сознательное отношение к учебе, усидчивости и аккуратности; Развивающая: развить познавательный интерес, значимости изучения материала.	Учебник; Вербальное объяснение; Плакаты; Станок. Датчик Renishaw	Комбинированный	Профессиональный модуль Производственное обучение	Имеется

4.4. Занятие теоретического обучения

Предмет: «Выполнение работ на станках с программным управлением».

Тема: «Операционный контроль параметров детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw».

Тема занятия: «Устройство датчика контактного измерения системы Renishaw».

Тип занятия: комбинированный

Цели и задачи:

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен:

Ине. № подп. Подп. и дата. Ине. № дубл. Ине. №. Взам. ине. №. Подп. и дата. Ине. № подп.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

ЗНАТЬ:

- Устройство датчика контактного измерения системы Renishaw;
- Принцип работы датчика контактного измерения системы Renishaw;
- Способы измерения на станке с ЧПУ;

УМЕТЬ:

- Производить измерения датчиком контактного измерения системы Renishaw.

Таблица 14 – План хода занятия

Деятельность преподавателя	Время, мин	Наглядные средства, ТСО	Деятельность учащихся
1.Организационная часть (проверить по журналу явку учащихся).	5	-	Приветствие преподавателя.
2.Вводная часть, ознакомление учащихся с темой, целью и задачами урока.	7	-	Слушают, конспектируют.
3.Основная часть, повторение предыдущего материала имеющего связь с изучением нового материала. Рассказывает новый материал, диктует основные понятия под запись (показывает на плакате способы нанесения размеров на чертежи).	33	Плакаты Учебники Разные виды чертежей. Проектор. Компьютеры.	Запись определений. Слушают новый материал, записывают основные понятия.
4.Закрепляющий контроль. Преподаватель объясняет суть задания, следит за выполнением, в случае необходимости оказывает помощь.	30	Карточки задания. Чертеж детали. Компьютеры.	Обучаемые получают задание на закрепляющий контроль, выполняют предложенную работу, в случае необходимости обращаются за помощью к преподавателю.
5.Подведение итогов. Педагог проверяет	15	-	Обучаемые слушают результаты выполненной

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. ине. №	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

60

работы, озвучивает результаты, выставляет оценки за работу.			работы.
---	--	--	---------

4.5. Конспект теоретического занятия

Плод инновационных разработок в течение многих лет, запатентованный компанией Renishaw, конструкция датчика сочетает в себе испытанный на практике принцип работы тензодатчиков на базе кремния со сверхкомпактной электроникой, что обеспечивает высокие характеристики работы этого устройства. Примерами последних тензодатчиков компании Renishaw являются изделия MP250, OMP400 и RMP600. Они позволяют решать на станках широкий ряд задач и дают возможность преодолеть ограничения при измерениях по трем осям, характерные для многих альтернативных разработок.

Тензометрические датчики размещаются на тщательно спроектированных элементах, установленных в конструкции датчика, но отдельно от кинематического механизма. Тензометрические датчики расположены таким образом, чтобы регистрировать все усилия на щупе, которые затем суммируются.

Датчики RENISHAW

Измерительные датчики компании RENISHAW могут изготавливаться на основе различных сенсоров:

1. Кинематический датчик сопротивления (kinematic resistive probe).
2. Патентованная технология RENGAGE™ - высокоточный тензометрический датчик (strain gauge).

Кинематический датчик сопротивления представлен на рисунке 20.

Кинематический датчик сопротивления представляет собой подвижную систему, которая состоит из щупа, нагруженного пружиной, который базируется на трех сферических опорах, каждая опора состоит из трех каленых,

Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

шлифованных сфер, что обеспечивает идеальное положение покоя для щупа и превосходную повторяемость измерений.

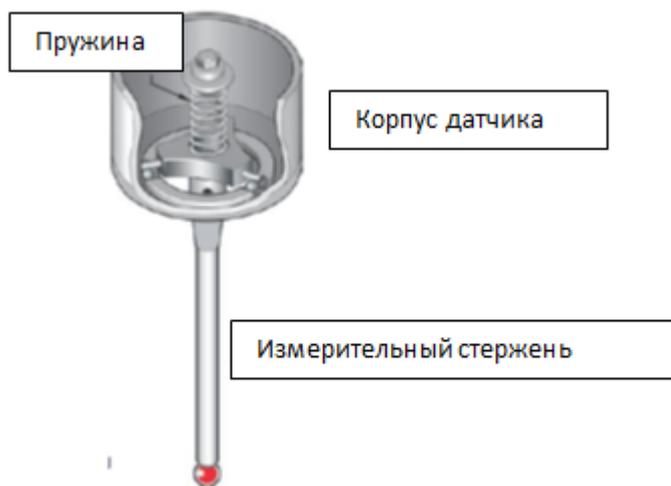


Рисунок 20 – Принципиальная схема работы щупа с кинематическими датчиками сопротивления

Конструкция датчика подробно показана на рисунке 21. Измерительный механизм состоит из грибка 1, на одном конце которого крепится измерительный наконечник 6, а на другом три цилиндрических шрифта 9, электрически изолированных друг от друга и разнесенных на 120. В обойме, состоящей из фланца 7 и сепаратора 4, изготовленных из непроводящего ток материала, установлены три пары шаров 8, образующих призмы.

Шары изолированы друг от друга и через токосъемники соединяются в последовательную электрическую цепь, замыкаемую шрифтами 9 при нейтральном положении грибка. Последней поджимается к призмам пружиной 2. Детальное изображение шаров показано на рисунке 21.

В тех случаях, когда объект измерения изготовлен из сравнительно мягкого материала, а усилие срабатывания датчика велико, при касании измерительного наконечника образуется вмятины, и получить правильные результаты не представляется возможным. В целях установки требуемой

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подп	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

величины усилия срабатывания датчика, степень сжатия пружины 2 может изменяться при помощи регулировочного винта 3.

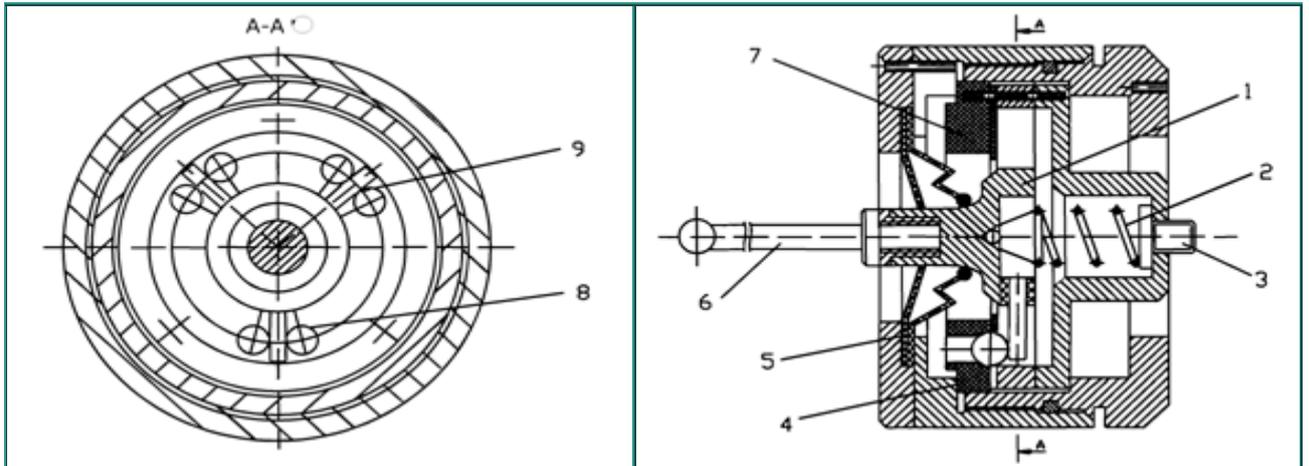


Рисунок 21 – Конструкция датчика

При соприкосновении измерительного наконечника 6 с деталью грибок 1 поворачивается относительно оси, перпендикулярной оси головки или перемещается вдоль нее. Вследствие этого размыкается, по меньшей мере, один из контактов, что используется для формирования управляющего сигнала. Измерительный механизм помещен в герметичный корпус. Предлагаемая конструкция датчика имеет более высокую степень технологичности конструкции, что позволяет существенно упростить и удешевить процесс его сборки.

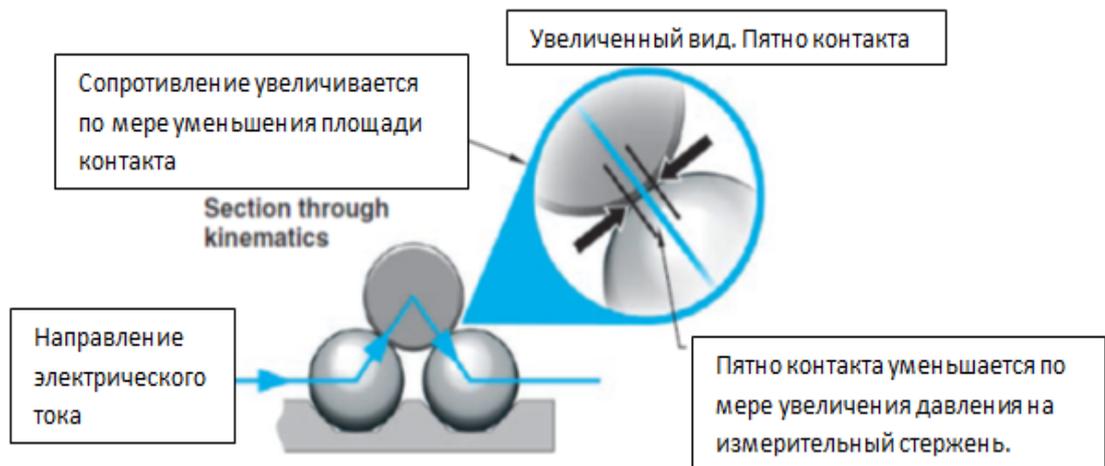


Рисунок 22 – Схема сферической опоры и принципа измерения сопротивления

Через каждую опору подается напряжение и измеряется сопротивление, при давлении на измерительный щуп, изменяется давления на сферических

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

опорах и соответственно сопротивление, при достижении порогового значения датчик подает управляющий сигнал в систему ЧПУ.

Параметры:

- 1 мкм – повторяемость (при измерении в 3х плоскостях X,Y,Z)
- Компактные размеры датчика
- Промышленный класс надежности, жесткий корпус и устойчивость к вибрациям и незначительным ударам.

Технология RENGAGE™ высокоточный тензометрический датчик.

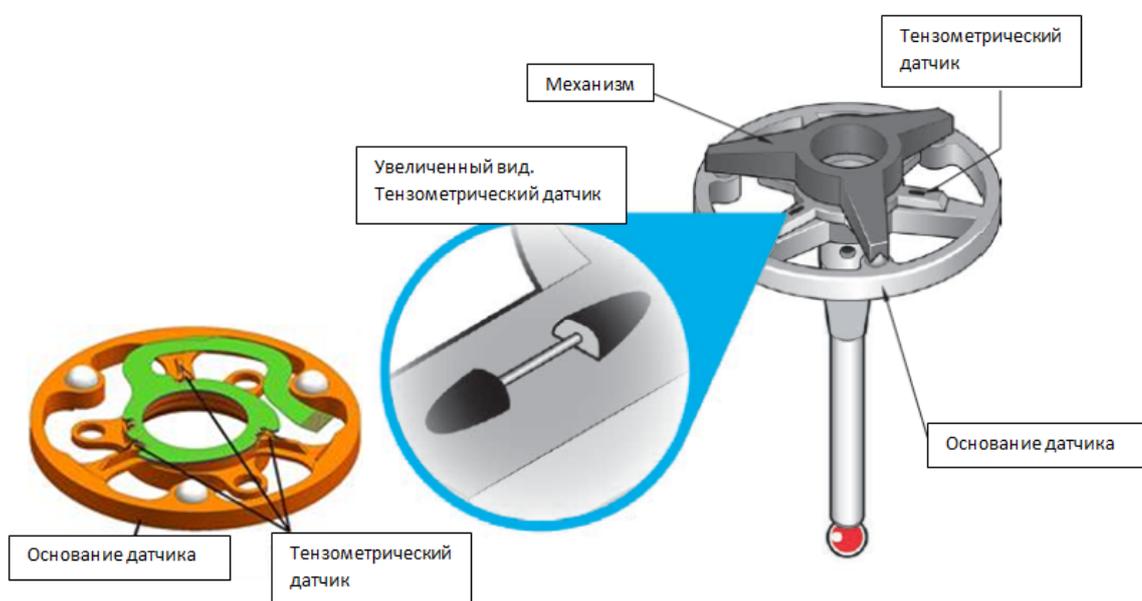


Рисунок 23 – Принципиальная схема работы щупа с тензометрическими датчиками

Высокоточный тензометрический датчик RENGAGE™ унаследовал кинематическую схему базирования щупа на сферических опорах от щупов с кинематическим датчиком сопротивления, но укомплектован принципиально новыми тензометрическими датчиками, что позволяет при минимальных усилиях на щуп генерировать точный управляющий сигнал для ЧПУ повторяемостью до 0,25 мкм, в том числе и при измерении 3D поверхностей.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

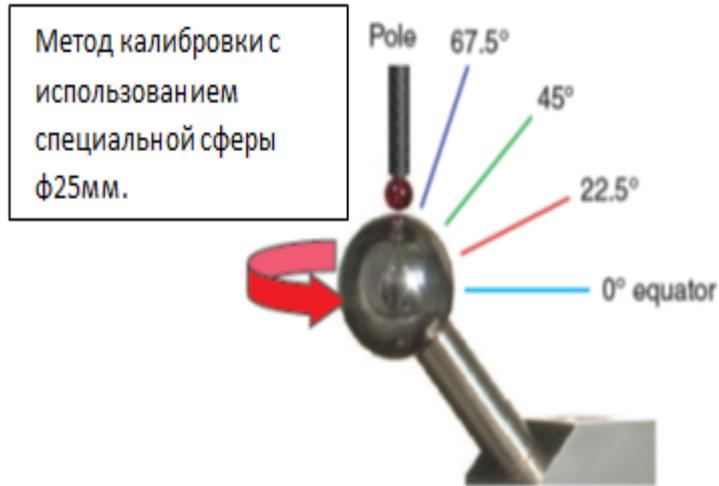


Рисунок 24 – Пример калибровки 3D щупа RENISHAW с технологией RENGAGE™

Параметры:

- Лучший показатель повторяемости в отрасли - 0.25 мкм.
- Субмикронный диапазон точности измерений при 2D и 3D измерениях.
- Жесткая структура и устойчивость к незначительным ударам, за счет структуры на сферических опорах.
- Активная функция фильтрации ложных сигналов.
- Быстрая ориентация датчика при многоосевых измерениях
- Возможно использование длинных измерительных стержней.

О точности измерительных щупов

При подборе измерительной системы важно учитывать следующие показатели:

- Абсолютная точность.
- Повторяемости датчика.
- Наличие функции 3D измерений.
- Длина измерительного стержня и диаметр шарика.

Чем меньше длина стержня и диаметр измерительного шарика, тем выше точностные показатели.

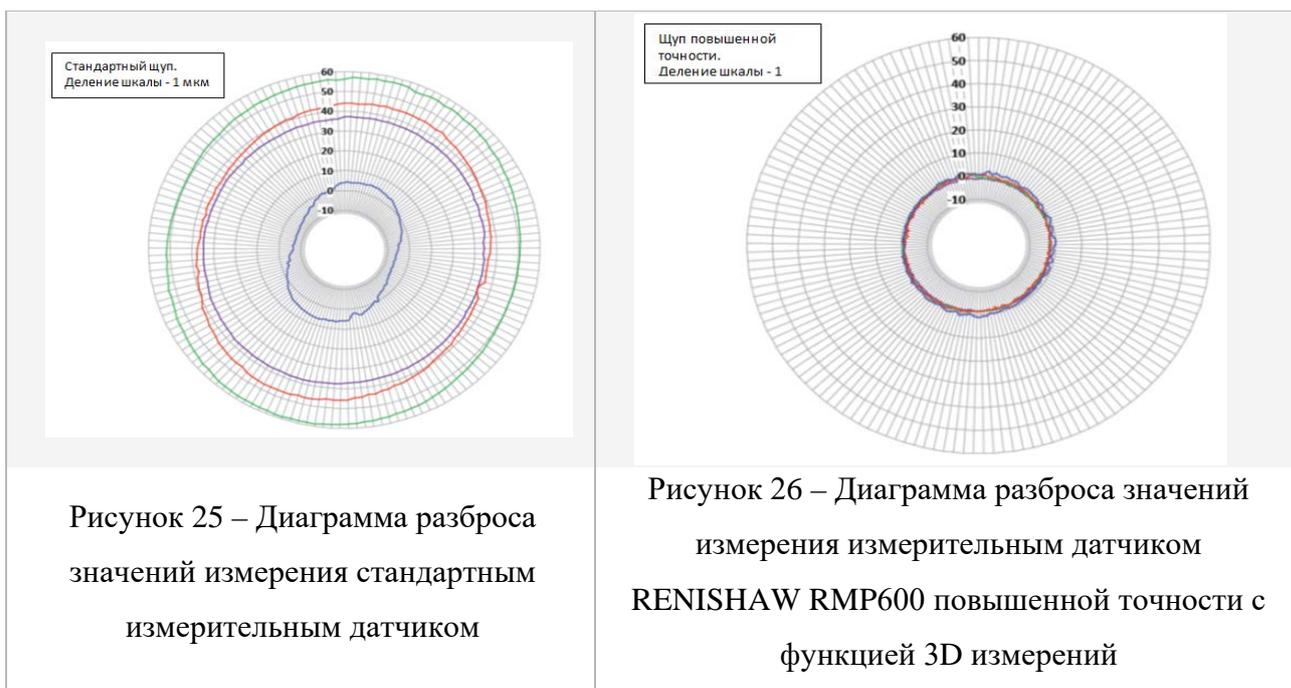
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

Таблица 15 – Жесткость станка и жесткость измерительного стержня

Тип измерительного датчика	Абсолютная точность, (по осям XYZ), мм	Повторяемость измерений, (по осям XYZ), мм	Абсолютная точность, (прочие направления), мм	Повторяемость измерений, (прочие направления), мм
Стандартная точность	0,005	0,001	до 0,01	0,005
Стандартная точность, с функцией 3D	0,005	0,001	0,005	0,001
Высокая точность, с функцией 3D	0,003	до 0,25 мкм*	0,003	до 0,25 мкм*

Сравнение разброса показателей стандартных датчиков и датчиков с функцией 3D показан на рисунке 25 и 26.



Занятие

Предмет: «Выполнение работ на станках с программным управлением».

Тема: «Операционный контроль параметров детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw».

Тема занятия: «Привязка детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw».

Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

Цели:

Образовательная – ознакомить обучающихся алгоритмом привязки детали.

Развивающая – развить умения решать задачи с базированием детали в системе координат станка.

Воспитательная – показать значение датчика контактного измерения Renishaw.

Тип – Лабораторная работа.

Метод обучения – индивидуальная работа

1. Индивидуальная работа на станке с ЧПУ
2. Оформление отчета по ЛР

Оборудование: станок с ЧПУ, датчик контактного измерения.

Литература:

– Этингоф М.И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках. – М.: АПР, 2016. – 336 с [29]

Время: 45 мин.

Ход:

1. **Организационная часть** (5 мин.)

Контроль посещаемости и готовности обучающихся к уроку – списочный состав, наличие тетрадей, авторучек. Провести пояснительную работу по ЛР.

2. **Основная часть.**(40 мин)

Лабораторная работа

Тема: «Привязка детали с помощью датчика контактного измерения системы Renishaw».

Цель работы: – практически освоить этапы привязки детали на ОЦ с ЧПУ модели ALZMETALL GS 1400.

Порядок выполнения работы:

– ознакомиться с принципами привязки ОЦ с ЧПУ ALZMETALL GS 1400;

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

- произвести привязку ОЦ с ЧПУ ALZMETALL GS 1400;
- заполнить карту привязки;
- представить отчет по проделанной работе.

Методические указания

Наладка станка с ЧПУ заключается в размерной привязке нуля инструмента к нулю детали в системе координат станка. Размерная привязка заключается в определении расстояний от нуля станка до нуля детали и величин вылета режущего инструмента, с целью последующего внесения полученных данных в память системы ЧПУ и вызове в процессе отработки управляющей программы.

Наладка ОЦ производится в два этапа. Первый этап – привязка оси шпинделя станка к нулю детали в плоскости X, Y. Второй этап – определение вылета каждого инструмента, участвующего в обработке, по оси Z. Результатом привязки является получение координат нуля детали по осям X, Y относительно нуля станка и расстояния от нуля инструмента, находящегося в нуле станка, до нуля детали по оси Z. Полученные координаты заносятся в систему ЧПУ в таблицы коррекции режущего инструмента и программируемых нулей станка. В процессе отработки управляющей программы значения вылетов и координат привязки вызываются при помощи функций G43, G44 и G54–G59 соответственно.

Особенностью ОЦ является единая ось вращения всех режущих инструментов, устанавливаемых в шпиндель станка. Поэтому для привязки всех режущих инструментов, участвующих в обработке, к нулю детали по осям X и Y, достаточно совместить ось шпинделя с нулем детали и занести полученные координаты в таблицу функции G54-59 программируемого нуля системы ЧПУ. Для определения координат нуля детали на фрезерных станках используются датчик контактного измерения Renishaw. Для определения момента касания датчик оснащен устройством световой и звуковой индикации и устройствам передачи сигнала в систему ЧПУ.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

Размерная привязка оси шпинделя станка к нулю детали осуществляется в следующей последовательности:

- загрузить в шпиндель станка ALZMETALL GS 1400 датчик контактного измерения Renishaw вызвав ячейку T32;
- включить питание датчика касания;
- подвести датчик к детали с помощью моховика и произвести замер координат согласно схеме представленной на рисунке 26;
- внести полученное значение в таблицу функции программируемого нуля станка с ЧПУ G54-59;
- выключить питание датчика касания;
- выгрузить датчик из шпинделя станка в магазин инструментов с помощью команды T0.

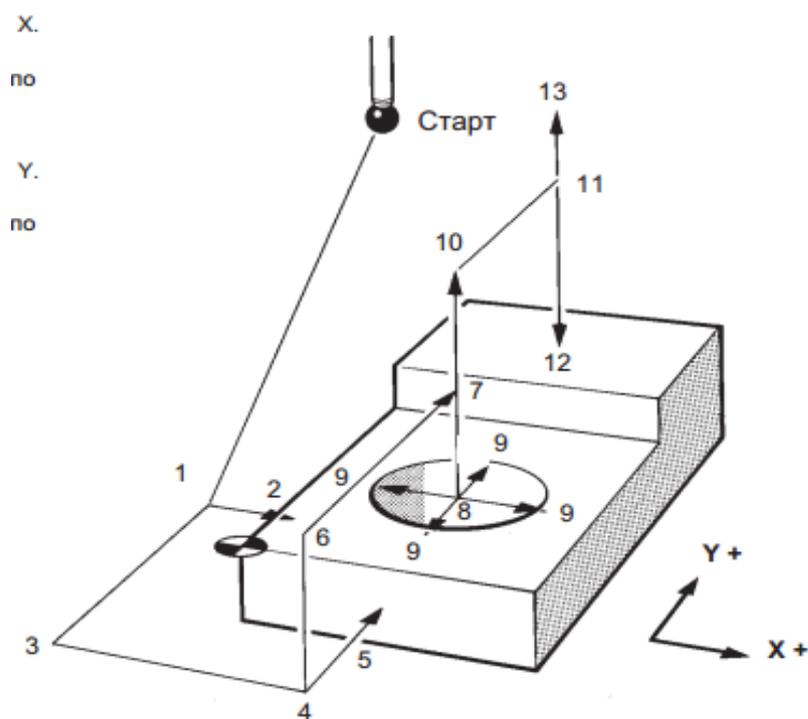


Рисунок 27 – Схема привязки детали датчиком контактного измерения Renishaw

Оформить отчет по лабораторной работе.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе модернизирован базовый технологический процесс обработки детали «Корпус редуктора» механизма подъема путем использования обрабатывающего центра ALZMETALL GS1400 для технологического процесса обработки детали.

Спроектирована операционная технология производства детали. Проведён анализ базового технологического процесса производства детали и выявлена возможность повышения качества и экономической эффективности производства.

Задействованы прогрессивные средства разработки технологического процесса обработки детали в САПР. Построена 3D – модель детали в программе «Компас – 3D».

Разработан процесс и программа операционного контроля с использованием датчиков системы «Renishaw» на станке Alzmetall GS1400.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	44.03.04. 320 ПЗ				Лист
									70

10. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия [Электронный ресурс]. – Введ. 1993-10-21. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 10 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-14637-89>.

11. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 24 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-16504-81>.

12. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении, [Электронный ресурс]. – Введ. 1977-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 37 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-21495-76>.

13. Гузанов Б. Н. Дипломное проектирование в профессионально-педагогическом вузе: учеб.-метод. пособие / Б.Н. Гузанов, И.В. Осипова, О.В. Тарасюк, М.А. Черепанов. – Изд. 2-е, исправ. – Екатеринбург : Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. – 182 с.

14. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учеб. пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112 с.

15. Ефремов Г. В. Инженерная и компьютерная графика на базе графических систем: учеб. пособие / Г. В. Ефремов, С.И. Ньюкалова. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 264 с.

16. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие / Т.А. Козлова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.

17. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова: в 2 т. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. – 496 с.

18. Ловыгин А. А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система / А. А. Ловыгин, Л. В. Теверовский. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 280 с.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

19. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание на металлорежущих станках. – М.: Издательство «Экономика», 1988. – 366 с.

20. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущем станке. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.

21. Осипова И. В. Методика профессионального обучения. Схемы, таблицы, комментарии: учеб. пособие для вузов / И. В. Осипова, О. В. Тарасюк, Ю. В. Осколкова, В. С. Локтина. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2010. – 148 с.

22. Панов А. А. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов [и др.]; под общ.ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

23. Сосонкин В. Л. Системы числового программного управления: учеб. пособие / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов – М.: Логос, 2005. – 296 с.

24. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения / под ред. В. Р. Верченко. – М.: Машиностроение, 1974. – 168 с.

25. Технический контроль в машиностроении: справочник проектировщика / под общ. ред. В. Н. Чупырина, А. Д. Никифорова. – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.

26. Электронный каталог «SECO»: Фрезерование [Электронный ресурс] // Seco Tools. – Режим доступа: http://static.tverdysplav.ru/docs/Seco/Seco_Frezerovanie_2015.pdf.

27. Электронный каталог «SECO»: обработка отверстий [Электронный ресурс] // Seco Tools. – Режим доступа: http://static.tverdysplav.ru/docs/Seco/Seco_Obrabotka_otverstiy_2015.pdf.

28. Электронный каталог «SECO»: нарезание резьб [Электронный ресурс] // Seco Tools. – Режим доступа: http://static.tverdysplav.ru/docs/Seco/Seco_Narezan_rezb_2015.pdf.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

29. Этингоф М.И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках. – М.: АПР, 2016. – 336 с.

30. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев / под ред. Е. Я. Юдина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

31. Измерительные системы для станков с ЧПУ. – Режим доступа: <http://www.renishaw.ru/ru/1030.aspx>.

32. ALZMETALL обрабатывающий центр с 5 осями GS 1400/5-FDT.– Режим доступа: <http://www.alzmetall.de/alzmetall/fileadmin/pdfs/GS1400>.

33. DIN ISO 513-2014. Материалы твердые режущие для снятия стружки с определенными режущими кромками. Классификация и применение. Обозначение основных групп по снятию стружки и групп по применению [Электронный ресурс].– Введ. 2014-01-05. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 8 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=5886552>.

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист
Инв. № дубл.	Взам. инв. №				74
Инв. № подл	Подп. и дата				44.03.04. 320 ПЗ
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Перечень листов графических документов

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	44.03.04. 320 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-		75

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Чертеж детали

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

44.03.04. 320 ПЗ

Лист

76

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Диаграмма сравнения производительности и качество обработки детали между базовым и модернизированным ТП

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	44.03.04. 320 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-		