

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	
1.1 Назначение и описание узла и работы детали в узле	5
1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней	6
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
2.1 Анализ технологичности детали	8
2.2 Анализ действующего технологического процесса	10
2.2.1 Анализ документации действующего техпроцесса	10
2.2.2 Анализ метода получения заготовки	13
2.2.3 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки .	16
2.2.4 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса	18
2.3 Разработка проектного технологического процесса	19
2.3.1 Разработка маршрута проектного технологического процесса	19
2.3.2 Выбор оборудования для реализации техпроцесса	20
2.3.3 Выбор исходной заготовки	25
2.3.4 План операций и переходов проектного техпроцесса ...	26
2.3.5 Расчет припусков	30
2.3.6 Расчет режимов резания	35
2.3.7 Расчет норм времени	44
2.3.8 Расчет потребного количества оборудования	45
2.4 Описание планировки участка	50
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	
3.1 Проектирование станочного приспособления	54
3.2 Проектирование (выбор) режущего инструмента	54
3.3 Проектирование контрольного приспособления	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	58
ПРИЛОЖЕНИЕ – Техпроцесс	

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

– внедрение высокотехнологичных САПР (систем автоматизированного проектирования).

Важное направление в современной российской экономике занимает импортозамещение, являющееся мощным инструментом развития машиностроения. Многие модели выпускаемого отечественными предприятиями оборудования превосходят зарубежные аналоги по надежности, эксплуатационным возможностям и точности обработки.

Возможность усовершенствовать и автоматизировать металлообработку открывает новые перспективы для производителя и потребителя. Использование программного управления позволяет увеличить производительность, улучшить качество продукции, добиться более точного соблюдения заданных параметров, значительно минимизировать участие человека в сложных процессах.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней

Корпусные детали служат для размещения и объединения в сборочный узел отдельных деталей, механизмов и агрегатов. Эти детали должны обеспечивать точность взаимного расположения установленных на них деталей и сборочных единиц, как в статическом положении, так и при эксплуатации изделия.

Деталь «Корпус кисти манипулятора» (рисунок 1.3) является основной частью исполнительного органа копирующего манипулятора.

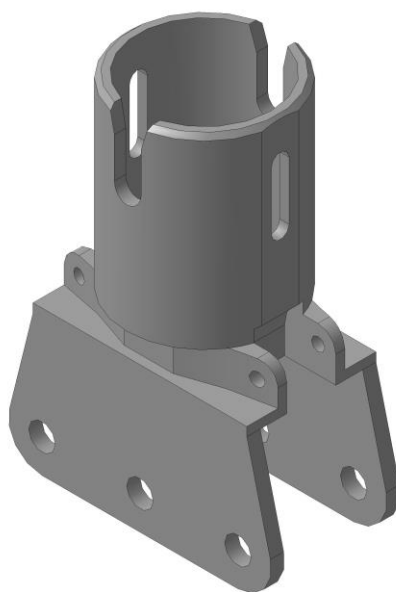


Рисунок 1.3 – Корпус кисти манипулятора

В соответствии со служебным назначением деталь должна обладать следующими свойствами:

- прочностью;
- жесткостью;
- износостойкостью;
- достаточной легкостью;
- коррозионной стойкостью.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ технологичности детали

Технологичность детали имеет прямую связь с производительностью труда, затратами времени на технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Технологичность оценивают по качественным и количественным признакам. Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали следующим требованиям:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов;
- для изготовления детали должны использоваться стандартные или унифицированные заготовки. Заготовку необходимо получать рациональным способом (с учётом объёма выпуска и типа производства);
- точность размеров и шероховатость поверхностей детали должны быть оптимальными, обоснованными конструктивно и экономически, обеспечивать требуемую точность установки, обработки и контроля;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность использования групповых, типовых и стандартных технологических процессов.

Коэффициент точности:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1)$$

где A_{cp} – средний квалитет точности размеров.

$$A_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2)$$

где T_i – квалитет точности;

n_i – число размеров заданного квалитета.

Таблица 2.1 – Данные для расчёта коэффициента точности

Квалитет	7	8	9	11	12	14
Количество размеров	8	1	2	1	22	6

Также деталь имеет базовые поверхности для первоначальных операций. Все поверхности детали, подвергающиеся механической обработке, имеют свободный подвод и отвод режущего инструмента, доступны для контроля.

Расположение пазов и отверстий, как резьбовых, так и гладких, допускает многоинструментальную обработку на станках с ЧПУ, а также применение высокопроизводительных режимов обработки.

2.2 Анализ действующего технологического процесса

Анализ существующего технологического процесса должен быть проведён с точки зрения обеспечения требований, предъявляемых к продукции.

2.2.1 Анализ документации действующего технологического процесса

Рабочий чертёж детали (рисунок 2.1) выполнен в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (далее – ЕСКД) по ГОСТ 2.308-68 и ГОСТ 2.309-68, т.е. не соответствует современным требованиям ЕСКД в части нанесения шероховатости поверхностей, допусков формы и расположения поверхностей и технических требований.

Общее количество размеров на чертеже достаточное для изготовления и проведения технического контроля детали. Размеры на поверхности, к которым предъявляются повышенные требования, указаны с предельными отклонениями. Неуказанные предельные отклонения размеров принимаются по 14 качеству. Таким образом, схема простановки размеров технологична, так как не вызывает затруднений при проведении прямых измерений.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Операционные карты (рисунок 2.2) выполнены по форме предприятия-изготовителя ТО-Ц5Б и ТО-Ц5В.

Форма ТО-Ц5Б

Маршрутная карта		Лист 1/6	Листов 2/6	Изделие $\phi 20.95.536.000$	Деталь $\phi 20.95.536.111$	
Материал		Заготовка		Разряд и Тшт. на влгот. заготовки		
25 10		$\phi 70$	$l=86$	Масса	Корпус	
№ операции	НАИМЕНОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИИ	Приспособления и инструмент		Разряд работы	Т. п. з.	Т. шт.
		1	2			
05	Ток. - крепить в 3 ^х к.п., подрезать торец как чисто, проточить поверху $\phi 36$ на длине 41,5 мм центробалть, сверлить отв. $\phi 15$ на проход. Сверлить за $\phi 36$, ввертывать, подрезать торец в р-р 84, проточить поверху $\phi 68-0,2$, расточить $\phi 25,5$ на длине 30,5 мм, ввертывая в-р 53,5-0,2, расточить отв. $\phi 19+0,01$ на длине 15 мм.	3 ^х к.п., набор резцов, набор сверл, штангенциркуль, индикатор, микромер.				св. шт. 20
10	Фрез. - крепить в держательной головке, фрезеровать на месте $\phi 68$ ввертывая 58-0,2 x 29-0,2,	держатель сверла, набор фрез, штангенциркуль.				св. шт. 25

Форма ТО-Ц5В

Маршрутная карта		Лист 1/6	Листов 2/6	Изделие $\phi 20.95.536.000$	Деталь $\phi 20.95.536.111$	
НАИМЕНОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИИ		Приспособления и инструмент		Разряд работы	Т. п. з.	Т. шт.
1	2	3	4			
	фрезеровать паз 23 \times 0,14 по виду слева, фрезеровать 2 R 30 \times 0,2 по Г-Г, фрезеровать два обжимных в р-р 25-0,52 по В-В, фрезеровать 4 R 30 \times 0,5 по В-В и 4 обжимных в р-р 15-0,22 по В-В, обработать 2 отв. $\phi 3+0,01$ по В-В в Г-Г, фрезеровать две фаски по виду слева.	рационально, набор сверл, набор разверток.				
15	Слес. - притупить острые кромок на дне фрезерной.					6 еб
20	Ток. - крепить прижималки на приспособлении, ввертыв его в 90 $^\circ$ мм по базису (отс), проточить $\phi 35-0,2$, расточить $\phi 30+0,18$ на длину 39,5 \pm 0,17, обработать фаску 15 \times 30 $^\circ$, притупить острые кромок.	приспособление И.И.И. 16-93, набор резцов, штангенциркуль, микромер, индикатор.				0,3 1,3
25	Фрез. - крепить прижималки на приспособлении И.И.И. 16-93					

Рисунок 2.2 – Операционные карты технологического процесса

В операционных картах отсутствует наименование материала детали, масса заготовки, разряд работы, Т_{пз} и Т_{шт} проставлены не для всех операций. Кроме того, операционные карты предприятия – изготовителя не предусматривают сведений о технологическом оборудовании, режимах резания, а также о применении смазочно-охлаждающих жидкостей (далее – СОЖ).

Коэффициент использования материала (КИМ) определяется по формуле:

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_z} \quad (5)$$

Таким образом, при изготовлении детали из круглого проката Ø70 длиной L = 90 по ГОСТ 2590-88 масса заготовки составляет $M_z = 2,7$ кг.

Масса готовой детали согласно чертежу $M_d = 0,19$ кг.

$$\text{КИМ} = \frac{0,19}{2,7} = 0,07$$

Вывод: в условиях серийного производства КИМ = 0,07 недопустим. Требуется замена заготовки.

2.2.3 Анализ оборудования, режущего инструмента, оснастки

В действующем технологическом процессе для токарных операций используется токарно-винторезный станок 16К20 (рисунок 2.3).

Станок предназначен для выполнения различных токарных работ и нарезания метрической, модульной, дюймовой и питчевой резьб. Обрабатываемые детали устанавливаются в центрах или патроне.

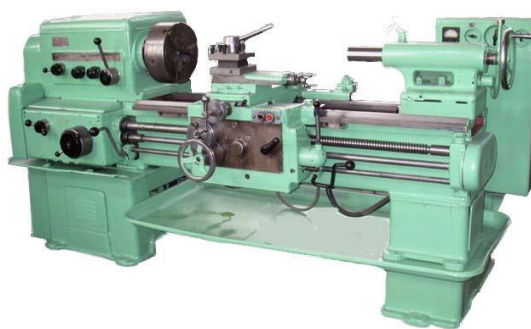


Рисунок 2.3– Токарно-винторезный станок 16К20

Таблица 2.4 – Технические характеристики станка модели 16К20

Технические характеристики	Параметры
Высота оси центров над плоскими направляющими станины, мм	215
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	400
Наибольшая длина заготовки, устанавливаемой в центрах, мм	2000
Наибольший диаметр сверла при сверлении стальных деталей, мм	25
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в центрах, кг	460..1300
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в патроне, кг	200

Таблица 2.5 – Технические характеристики станка 6Р82Ш

Технические характеристики	Параметры
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250 x 320
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	800
Наибольшее поперечное перемещение стола, мм	320
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм	420
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	от 30 до 450
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	от 31,5 до 1600
Ускоренное продольное перемещение стола, мм/мин	4000
Ускоренное поперечное перемещение стола, мм/мин	4000
Ускоренное вертикальное перемещение стола, мм/мин	1330
Максимальная масса обрабатываемой детали, кг	250 / 550
Мощность электродвигателя привода шпинделя, кВт	7,5
Мощность электродвигателя привода стола, кВт	3
Конус шпинделя по ГОСТ 30064-93	ISO 50
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	2280 x 1965 x 2265
Масса станка с электрооборудованием, кг	3250

Вывод: универсальное оборудование морально устарело. Требуется замена оборудования на современное, высокопроизводительное оборудование с ЧПУ.

Режущий инструмент, применяемый в действующем технологическом процессе – унифицированный, что отвечает требованиям технологичности.

На токарных операциях используются резцы с пластинами из твердого сплава ВК8:

- проходные по ГОСТ 18868-73 и ГОСТ 18877-73;
- подрезные по ГОСТ 18880-73;
- расточные для обработки сквозных и глухих отверстий разного диаметра по ГОСТ 18882 -73 и ГОСТ 18883-73;
- фасочные по ГОСТ 18875-73.

Для фрезерной обработки используются фрезы цилиндрические и концевые из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 17026-71.

Для обработки отверстий применяются сверла спиральные по ГОСТ 10902-77 и метчики машинные по ГОСТ 1366-62.

Вывод: необходима оптимизация технического контроля, использование приспособлений для проведения контроля в условиях серийного производства, предусмотреть возможность контроля на координатно-измерительных машинах.

2.2.4 Выводы из анализа и предложения по разработке проектного техпроцесса

Представленный технологический процесс позволяет выполнить все требования чертежа, но, на мой взгляд, он имеет ряд недостатков:

- металлоемкость процесса;
- трудоемкость процесса;
- низкая эффективность применяемого режущего инструмента.

Для устранения этих недостатков предлагаю следующее:

- использовать в качестве заготовки оливку;
- морально и физически устаревшее универсальное оборудование заменить на оборудование с ЧПУ;

– разработать технологический процесс с наименьшим количеством переустановок и использовании при этом как можно меньшего количества приспособлений и оснастки;

– в качестве режущего использовать современный режущий инструмент компании ISCAR – одной из ведущих мировых производителей инструмента. Использование инструмента ISCAR позволит увеличить режимы резания, уменьшить время обработки, увеличить стойкость инструмента, что сократит величину основного и вспомогательного времени, но при этом обеспечит требуемую шероховатость поверхностей, повысит точность обработки и производительность. Данный инструмент сертифицирован международным стандартом серии ISO 9001, ISO 14001 и поставляется во многие индустриально развитые страны мира;

- оформить рабочий чертеж детали в соответствии в ЕСКД;
- составить комплект технологической документации в соответствии с требованиями ЕСТД.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2.3.2 Выбор оборудования для реализации технологического процесса

На основе принятого маршрута обработки выбираем оборудование, позволяющее реализовать соответствующие операции.

Для операций 005 и 010 выбираю вертикально-фрезерный станок с позиционной системой ЧПУ и поворотной фрезерной головой модели КМВ-5Р. Производитель: «F.O.R.T.».

Вертикально-фрезерный станок с поворотной головой (рисунок 2.6), предназначен для выполнения всех видов фрезерных работ на деталях из черных и цветных металлов, в условиях единичного, мелкосерийного, серийного производства. Станина из высококачественного чугуна гарантирует высокую надежность и жесткость оборудования. Двенадцати ступенчатая коробка скоростей обеспечивает высокий крутящий момент, порядка 1595Н·м, с максимальной скоростью вращения шпинделя до 1720 об/мин, что совместно с корбчатými направляющими по всем осям, обеспечивает максимальную жесткость при обработке.



Рисунок 2.6– вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели КМВ-5Р

Отличительной особенностью данной модели является угловая голова (рисунок 2.7), позволяющая выполнять как вертикальную и горизонтальную обработку, так и обработку под произвольными углами, что значительно расширяет возможности оборудования и уменьшает необходимое количество переустановок.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Окончание таблицы 2.7

Перемещения		
Продольное перемещение	мм	1200
Поперечное перемещение	мм	600
Вертикальное перемещение	мм	550
Подачи		
Продольная и поперечная подача	мм/мин	2000
Вертикальная подача	мм/мин	1000
Продольная и поперечная ускоренная подача	м/мин	5
Вертикальная ускоренная подача	м/мин	2,5
Шпиндель		
Конус		ISO 50
Количество скоростей	№	12
Скорость вращения	об/мин	40~1720
Мощность главного двигателя	кВт	7,5
Расстояние между колонной и центром шпинделя при вертикальном положении головы шпинделя	мм	570
Расстояние между колонной и центром шпинделя при горизонтальном положении головы шпинделя	мм	580
Габариты и масса		
Длина	мм	4660
Ширина	мм	2525
Высота	мм	2700
Масса	кг	7000

Для комплексной обработки выбираю обрабатывающий центр с ЧПУ модели МТ-65. Производитель: «F.O.R.T.».

Токарный обрабатывающий центр (далее – ОЦ) МТ-65 (рисунок 2.8) позволяет изготавливать детали с наименьшим количеством переустановок. Такое оборудование неценимо в условиях серийного производства.



Рисунок 2.8 – Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ модели МТ-65



Рисунок 2.10 – Револьверная головка с приводным инструментом и осью «С»

Таблица 2.8 – Технические характеристики ОЦ МТ-65

Наименование параметров	Ед. изм.	МТ-65
Зона обработки		
Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной	мм	500
Наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над суппортом	мм	210
Длина обрабатываемой заготовки	мм	460
Угол наклона станины	град	30
Шпиндель		
Максимальная частота вращения шпинделя	об/мин	4000
Мощность главного двигателя, Fanuc	кВт	11/15
Мощность главного двигателя, Siemens	кВт	12/15
Диаметр гидравлического патрона	мм	250
Диаметр отверстия в шпинделе под пруток	мм	65
Перемещения		
Перемещение по оси X	мм	215
Перемещение по оси Z	мм	520
Подачи		
Ускоренное перемещение по оси X	м/мин	30
Ускоренное перемещение по оси Z	м/мин	30
Револьверная головка с приводным инструментом		
Количество позиций револьверной головки	шт	8
Сечение резца	мм	VDI 40
Мощность приводного инструмента	кВт	3,7
Максимальная скорость вращения приводного инструмента	об/мин	4000
Задняя бабка		
Перемещение пиноли задней бабки	мм	50
Диаметр пиноли задней бабки	мм	65
Конус пиноли задней бабки		Морзе 4
Перемещение задней бабки	мм	370

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

150305.2018.003.00 ПЗ

Лист

24



Рисунок 2.11 – Методы получения отливок

Для отливки данной детали характерны:

- малые габариты;
- точность большинства размеров согласно рабочему чертежу детали соответствует 11 и 12 качеству по ГОСТ 26645-85.

Наиболее подходящим вариантом изготовления заготовки является литье в оболочковые формы.

К достоинствам метода литья в оболочковые формы относятся повышенная размерная точность и высокое качество поверхности получаемых отливок – в пределах от Ra 1,6 до Ra 12,5 и несклонность к образованию пригара позволяют получать сложные полости в отливках с чистой поверхностью без дополнительной обработки резанием.

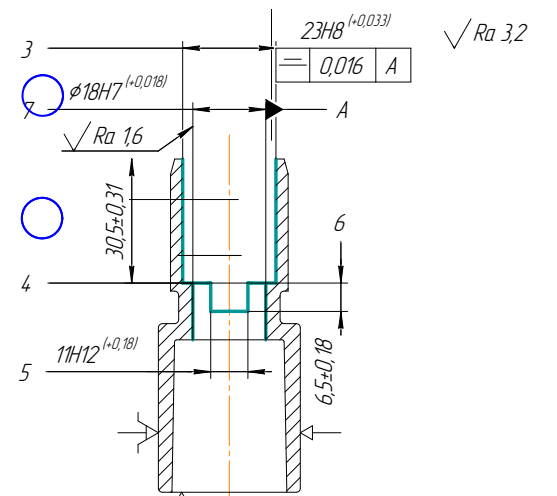
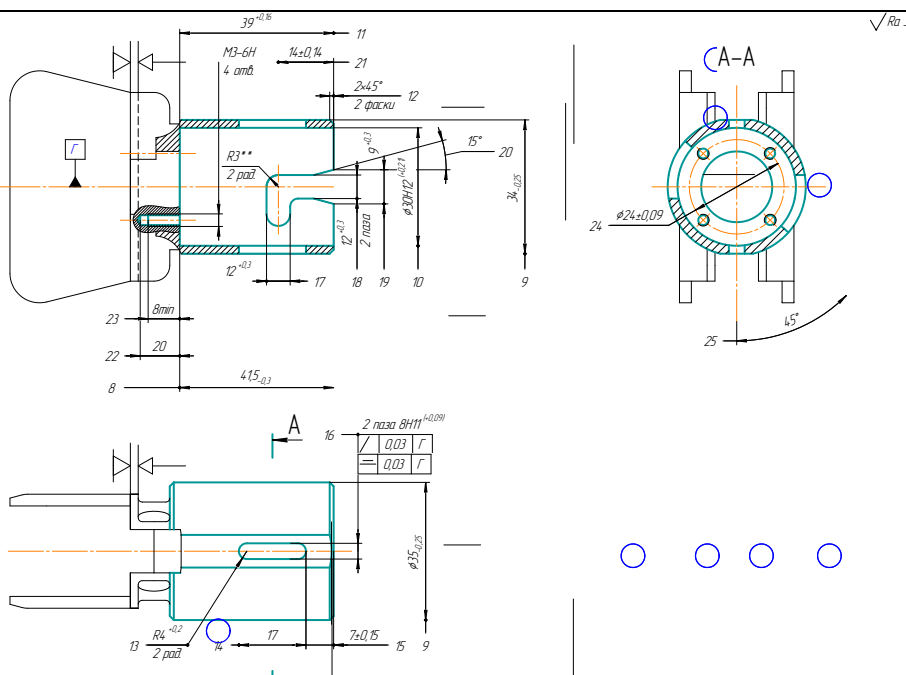
Отличная заполняемость оболочковых форм расплавом позволяет получать сложные отливки с толщиной стенок, в отдельных случаях, от 1,5 до 2 мм.

Масса оболочковых форм, в среднем, равна массе получаемых в них отливок, т. е. в 5...10 раз меньше, чем масса песчано-глинистых форм.

Непродолжительность цикла изготовления оболочковых форм и стержней

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Продолжение таблицы 2.9

№ опер	Содержание операции и эскиз обработки
010 Фрезерная с ЧПУ	<p>1) Фрезеровать, выдерживая размеры 3 и 4. 2) Фрезеровать паз, выдерживая размеры 5 и 6. 3) Расточить поверхность «А».</p> 
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	<p>1) Точить $\phi 35_{-0,25}$ 2) Расточить $\phi 30H12^{(+0,021)}$ 3) Точить 2 фаски $1 \times 45^\circ$ 4) Фрезеровать 2 лыски в размер $34_{-0,25}$ мм 5) Фрезеровать 2 паза $4H11^{(+0,075/0)}$ 6) Фрезеровать 2 замковых паза 7) Фрезеровать скосы в пазах, выдерживая размеры $9 \pm 0,3$ мм и 15 8) Сверлить 4 отверстия под резьбу 9) Нарезать резьбы в 4 отв. М-7Н</p> 

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2.3.5 Расчет припусков

Припуск – слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью достижения заданных параметров обрабатываемой поверхности детали.

Припуск должен назначаться на все поверхности, подлежащие механической обработке, с целью удаления поверхностного слоя металла и придания деталям степени точности размеров и чистоты, обусловленных техническими условиями и чертежами.

Для снижения себестоимости механической обработки следует стремиться к уменьшению припусков, т.е. к более высокой точности заготовок. В то же время, повышение точности заготовок вызывает и повышение себестоимости их изготовления. Следовательно, необходимо выбирать припуск по величине таким, чтобы его величина обеспечивала хорошее качество детали после её механической обработки и минимальную себестоимость обработки.

Припуски разделяют на общие, т.е. которые удаляются в течение всего процесса обработки данной поверхности, и межоперационные, которые удаляются при выполнении отдельных операций. Величина межоперационного припуска определяется разностью размеров, полученных на предыдущей и последующей операциях.

Общим припуском на обработку называется слой металла, удаляемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки на всех операциях.

Промежуточный припуск – слой металла, необходимый для выполнения технологического перехода. Он определяется разностью размеров, получаемых на смежных технологических переходах процесса обработки данной поверхности.

Величина промежуточного припуска для поверхностей тел вращения:

$$2z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + e_{yi}^2}), \quad (6)$$

где $z_{i \min}$ – наименьший припуск на сторону;

Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предыдущем переходе;

T_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхности заготовки после предыдущего перехода;

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где Δ_k - удельная кривизна, для отливок, изготавливаемых литьем в песчаные формы, Δ_k составляет от 0,3 до 1,5 мкм/мм, [1, с.183, таблица 8];

L – общая длина заготовки, L= 90 мм.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L = 1 \cdot 90 = 90 \text{ мкм}$$

Величина смещения оси в результате несоосности поверхностей заготовки определяем по формуле:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (11)$$

где δ_3 – допуск поверхности, используемой в качестве базовой, $\delta_3 = 0,25$ мм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{250^2 + 1000} = 252 \text{ мкм}$$

Суммарное отклонение расположения поверхностей заготовки составит:

$$\rho_0 = \sqrt{90^2 + 252^2} = 267,5 \text{ мкм}$$

Величины отклонений расположения поверхностей на последующих переходах определяются по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = \rho_{i-1} \cdot K_y, \quad (12)$$

где ρ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений на предыдущем переходе, мкм;

K_y – коэффициент уточнения, [1, с.190, таблицы 29].

Для чернового фрезерования – $K_{y1} = 0,05$, для чистового – $K_{y2} = 0,04$.

Соответственно:

$$\rho_{\text{ост}1} = 267,5 \cdot 0,05 = 13,375 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{ост}2} = 13,375 \cdot 0,04 = 0,535 \text{ мкм}$$

Аналогично определяется суммарное значение погрешностей установки детали:

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_y^2}, \quad (13)$$

где ϵ_{δ} – погрешность базирования, мкм, $\epsilon_{\delta} = 500$ мкм, [1, с.41, таблица 12];

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D_{\max_i} = D_{\max_{i-1}} - 2Z_{\min_i}, \quad (14)$$

$$D_{\max} = 18,018 \text{ мм}$$

$$D_{\max_2} = 18,018 - 0,061 = 17,957 \text{ мм}$$

$$D_{\max_1} = 17,957 - 1,100 = 16,857 \text{ мм}$$

Наименьший предельный размер определяется вычитанием допуска на припуск на заданном технологическом переходе из величины наибольшего диаметра.

$$D_{\min_i} = D_{\max_i} - IT_i, \quad (15)$$

$$D_{\min_1} = 16,857 - 0,110 = 16,747 \text{ мм}$$

$$D_{\min_2} = 17,957 - 0,018 = 17,939 \text{ мм}$$

Минимальные предельные значения припусков $2Z_{\min \text{ пр}}$ определяются как разность наибольших предельных размеров на выполняемом и предшествующем ему переходах.

$$2Z_{\min \text{ пр}_i} = D_{\max_i} - D_{\max_{i-1}}, \quad (16)$$

$$2Z_{\min \text{ пр}_2} = 18,018 - 17,957 = 0,061 = 61 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min \text{ пр}_1} = 17,957 - 16,857 = 1,100 = 1100 \text{ мкм}$$

Максимальные предельные значения припусков $2Z_{\max \text{ пр}}$ определяются как разность наименьших предельных размеров на выполняемом и предшествующем ему переходах.

$$2Z_{\max_i} = D_{\min_i} - D_{\min_{i-1}}, \quad (17)$$

$$2Z_{\max \text{ пр}_2} = 18,000 - 17,939 = 0,061 = 61 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max \text{ пр}_1} = 17,939 - 16,747 = 1,192 = 1192 \text{ мкм}$$

Общие припуски определяем Z_{\max_0} и Z_{\min_0} определяем, суммируя промежуточные припуски.

$$2Z_{\max_0} = 1192 + 61 = 1253 \text{ мкм}$$

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

В проектируемом технологическом процессе предлагается использовать современный режущий инструмент компании ISCAR.

Режимы резания на производстве отличаются от рекомендуемых общемашиностроительными нормативами. Это связано со спецификой производства, поскольку математические расчеты представляют цифровую точность, а в реальности это недостижимо в силу несовершенства производственного оборудования. Мы можем только приближаться к определенным показателям, ограничиваясь допускаемыми параметрами. Поэтому, полученные значения режимов резания будем корректировать согласно рекомендациям изготовителя инструмента – ISCAR.

2.3.6.1 Расчет режимов резания для фрезерной обработки

Скорость резания при фрезеровании рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v, \quad (18)$$

где D – диаметр фрезы, $D = 12$ мм;

T – стойкость режущего инструмента, мин;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб фрезы (для чернового фрезерования), мм;

S – подача (для чистового фрезерования), мм/об;

B – ширина фрезерования, мм;

Z – число зубьев фрезы, $Z = 4$;

K_v – поправочный коэффициент при расчетах скорости резания;

C_v, m, x, y, q, u, p – поправочный коэффициент и показатели степени,

[3, с.287, табл. 36].

Таблица 2.11 – Данные для расчета режимов резания

Фрезерование	T , мин	t , мм	S_z , мм/зуб	S , мм/об	B , мм	C_v	q	x	y	u	p	m
Черновое	80	1,5	0,05	-	8	22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27
Чистовое		0,2	-	0,06								

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 8,2}{3,14 \cdot 12} = 217,6 \text{ мин}^{-1}$$

Принимая во внимание свойства обрабатываемого материала, а также рекомендации производителя инструмента ISCAR принимаю: $n_1 = n_2 = 80 \text{ мин}^{-1}$.

Сила резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (22)$$

где D – диаметр фрезы, мм;

T – стойкость режущего инструмента, мин;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб фрезы (для чернового фрезерования), мм;

S – подача (для чистового фрезерования), мм/об;

B – ширина фрезерования, мм;

Z – число зубьев фрезы;

K_p – поправочный коэффициент при расчетах силы резания;

C_p, x, y, u, q, w – поправочный коэффициент и показатели степени, [3, с.291, табл. 41].

Таблица 2.12 – Данные для расчета силы резания

Фрезерование	t, мм	S _z , мм/зуб	S, мм/об	B, мм	n, мин ⁻¹	C _p	x	y	u	q	w
Черновое	1,5	0,03	-	8	80	82	0,75	0,6	1,0	0,86	0
Чистовое	0,2	-	0,06	30							

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{ФР} \cdot K_{ГР} \cdot K_{ЛР} \cdot K_{ГР}, \quad (23)$$

где K_{MP} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (24)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{525}{750} \right)^{0,35} = 0,882$$

$K_{ФР}, K_{ГР}, K_{ЛР}, K_{ГР}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента: $K_{ФР}=0,85$; $K_{ГР}=1,0$; $K_{ЛР}=1,0$; $K_{ГР} = 1,0$.

$$V_1 = \frac{350}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}} \cdot 0,9 = 235 \text{ м/мин}$$

При чистовом обтачивании:

$$V_2 = \frac{350}{90^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,05^{0,35}} \cdot 0,9 = 450 \text{ м/мин}$$

При черновом растачивании:

$$V_3 = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}} \cdot 0,9 = 33,2 \text{ м/мин}$$

При чистовом растачивании:

$$V_4 = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,05^{0,35}} \cdot 0,9 = 65,4 \text{ м/мин}$$

Полученные значения скоростей резания удовлетворяют параметрам, рекомендованным производителем инструмента. Также с учетом рекомендаций производителя принимаю значения частот вращения $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 400 \text{ мин}^{-1}$.

Фактические значения скоростей резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (27)$$

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 700}{1000} = 76,9 \text{ м/мин}$$

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \cdot 700 \cdot 30}{1000} = 65,9 \text{ м/мин}$$

Главная составляющая силы резания при точении и растачивании определяется по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (28)$$

где C_p – поправочный коэффициент;

x, y, n – показатели степени, [3, с.287, табл. 37].

$$K_{MP} = \left(\frac{525}{750}\right)^{0,75} = 0,765$$

$$K_p = 0,765 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,765$$

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$V_1 = \frac{3,5 \cdot 5,8^{0,5}}{90^{0,12} \cdot 0,15^{0,45}} \cdot 0,9 = 10,4 \text{ м/мин}$$

$$V_2 = \frac{10,5 \cdot 6^{0,3}}{45^{0,4} \cdot 0,4^{0,65}} \cdot 0,9 = 6,4 \text{ м/мин}$$

По известному значению скоростей резания определяю частоты вращения шпинделя.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 10,4}{\pi \cdot 5,8} = 570 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 6,4}{\pi \cdot 6} = 340 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем: $n_1 = 500 \text{ мин}^{-1}$; $n_2 = 300 \text{ мин}^{-1}$.

Следовательно, фактические скорости резания составят:

$$V_{\phi 1} = \frac{3,14 \cdot 5,8 \cdot 500}{1000} = 9,1 \text{ м/мин}$$

$$V_{\phi 2} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 300}{1000} = 5,6 \text{ м/мин}$$

В расчетах режимов резания при сверлении в качестве усилий резания определяют крутящий момент $M_{кр}$ и осевую силу P_o .

Крутящие моменты при сверлении и развертывании определяются по формулам:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (30)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (31)$$

где D – диаметр инструмента, мм;

s – подача, мм;

C_M – коэффициент для расчета крутящего момента;

x , y и q – показатели степени при расчете крутящего момента при сверлении, [2, с. 67, таблица 2.45],

K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, [2, с. 40, таблица 2.10].

2.3.7 Расчет норм времени

Трудоемкость – это затраты труда рабочего времени на производство единицы продукции. Трудоемкость обратно пропорциональна производительности труда, выработке продукции на одного работника.

Технические нормы времени в условиях серийного производства устанавливаются расчетно – аналитическим методом.

Штучно-калькуляционное время $T_{ш-к}$ определяется по формуле:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (35)$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно – заключительное время, мин. Подготовительно – заключительное время, затрачиваемое рабочим на подготовку к работе, ознакомление с работой, а также на выполнение действий, связанных с окончанием данной работы, оно повторяется с каждой партией обрабатываемых деталей и не зависит от размера партии.

n – количество деталей в партии, шт.

$T_{шт}$ – штучное время на изготовление одной детали, мин.

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{об} + T_{от}, \quad (36)$$

Основное время T_o , мин – это время, затрачиваемое непосредственно на изготовление детали:

$$\frac{l + l_1 + l_2}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (37)$$

где i – число проходов;

l_1 – длина врезания, мм;

l_2 – длина перебега, мм;

n – частота вращения, об/мин;

S – продольная подача, мм/об.

T_b – вспомогательное время, мин,:

$$T_b = T_{yc} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из}, \quad (38)$$

где T_{yc} – время на установку и снятие детали, мин;

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В отечественной теории и практике различают три типа производства: единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется:

- малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается;
- большой номенклатурой выпускаемых изделий;
- неустойчивой технологической специализацией участков;
- универсальным оборудованием;
- разнообразными и неупорядоченными связями между рабочими местами;
- универсальным высококвалифицированным персоналом.

Серийное производство характеризуется производством нескольких однородных типов изделий:

- периодически повторяющимися партиями;
- специализацией участков - предметной, предметно-групповой.

Массовое производство характеризуется:

- большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция подетальной специализацией участков;
- специализированным оборудованием;
- специализацией участков по предметно-замкнутой форме, прямоточными связями между рабочими местами - поточное производство;
- рабочие - операторы, низкой квалификации.

Таблица 2.19 – Характеристики типов производства

Масса детали, кг	Величина годовой программы, шт.				
	Единичное (до)	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупносерийное	Массовое (свыше)
До 1,0	10	10-1500	1500-75000	75000-200000	200000
1,0 – 2,5	10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5 – 5,0	10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0 – 10,0	10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
10 и более	10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Соответственно, такт выпуска изделий: $t_b = \frac{1912 \cdot 60}{15000} = 7,6 \text{ мин/шт}$

Определяю количество оборудования по операциям::

Таблица 2.20 – Расчетное количество основного производственного оборудования

№ опер.	Наименование оборудования	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования
005; 010	ЧПУ КМВ-5Р «F.O.R.T.»	$m_p = \frac{T_{ш-к}}{t_b} = \frac{7,21}{7,6} = 1,08$	2
015	Обрабатывающий центр с ЧПУ МТ-65 «F.O.R.T.»	$m_p = \frac{T_{ш-к}}{t_b} = \frac{19,98}{7,6} = 3,45$	4
020	Обрабатывающий центр с ЧПУ МТ-65 «F.O.R.T.»	$m_p = \frac{T_{ш-к}}{t_b} = \frac{14,78}{7,2} = 2,71$	3
025	Ванна электрополирования	$m_p = \frac{T_{ш-к}}{t_b} = \frac{5,95}{7,6} = 1,23$	2

Коэффициент загрузки станка η_3 определяется как отношение расчетного количества станков m_p , занятых на данной операции процесса, к принятому (фактическому) – $m_{пр}$:

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_{пр}}, \quad (45)$$

Таблица 2.21 – Коэффициенты загрузки оборудования

№ Опер.	Оборудование	Коэффициент загрузки %
005; 010	Фрезерный с ЧПУ КМВ-5Р «F.O.R.T.»	$\eta_3 = (1,15 / 2) \cdot 100 = 58 \%$
010	Обрабатывающий центр с ЧПУ МТ-65 «F.O.R.T.»	$\eta_3 = (3,45 / 4) \cdot 100 = 86 \%$
015	Обрабатывающий центр с ЧПУ МТ-65 «F.O.R.T.»	$\eta_3 = (2,71 / 3) \cdot 100 = 90 \%$
025	Ванна электрополирования	$\eta_3 = (1,23 / 2) \cdot 100 = 61 \%$

Средний коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле:

$$K_{\text{з. ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{зи}}}{n}, \quad (47)$$

где n – общее количество станков.

$$K_{\text{з ср}} = \frac{2 \cdot 0,58 + 4 \cdot 0,86 + 4 \cdot 0,90 + 2 \cdot 0,61}{11} = 0,77$$

Для серийного типа производства значение среднего коэффициента загрузки оборудования колеблется в пределах от 0,75 до 0,85. Полученное значение $K_{\text{з ср}}$ удовлетворяет данному условию. Следовательно, количество оборудования подобрано верно.

2.4 Описание планировки участка

В соответствии с маршрутом обработки детали состав участка должен быть следующим:

- склад заготовок;
- инструментальная кладовая;
- участок обработки резанием;
- слесарный участок;
- гальванический участок;
- участок контроля;
- участок упаковки;
- склад готовой продукции.

Кроме того, участок механического цеха должен иметь ремонтное отделение, бытовые и конторские помещения, участок утилизации стружки и отходов металла, а также проходы и проезды для цехового транспорта.

В целях обеспечения безопасности на участке должны быть размещены в легкодоступных местах огнетушители и аптечки первой помощи.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Приспособление представляет собой скальчатую наладку, установленную в тисках с пневматическим приводом. Одновременно ведется обработка пяти заготовок. Пневмоцилиндр, внутри которого работает поршень – 9, размещен в основании тисков. Зажим и освобождение детали происходит посредством перемещения подвижной губки через рычаг – 14, установленный на оси – 7. Для облегчения развода губок скальчатой наладки на скалках установлены пружины сжатия.

Усилие зажима определяется по формуле:

$$Q = \frac{K \cdot P \cdot D_2}{F \cdot D_1}, \quad (48)$$

где K – коэффициент запаса;

P – сила резания, Н;

$F = 0,35$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях приспособления;

D_1 , мм – диаметр (размер) обрабатываемой поверхности;

D_2 , мм – диаметр (размер) зажимаемой поверхности.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (49)$$

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1,0$ – коэффициент учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_2 = 1,05$ – коэффициент учитывающий увеличение силы резания в следствии затупления инструмента;

$K_3 = 1,2$ – коэффициент учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1,0$ – коэффициент непостоянства зажимного усилия;

$K_5 = 1,0$ – степень удобства расположения рукояток.

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,89$$

По ГОСТ 12.20.099 минимальный запас надежности закрепления $K = 2,5$.

Максимальная осевая сила, возникающая при обработке детали в приспособлении $P = 421,3$ Н, (см. п.2.3.6.1).

$$Q = \frac{2,5 \cdot 421,3 \cdot 38}{0,35 \cdot 16} = 7147 \text{ Н}$$

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Приспособление состоит из корпуса – 6, который устанавливается на планшайбу станка МТ-65 F.O.R.T. и закрепляется болтами – 8. Деталь устанавливается на призматическую часть корпуса и центрируется направляющим штифтом. Приспособление приводится в действие пневматическим вращающимся приводом двустороннего действия – 1. Зажим осуществляется двумя Г-образными прихватами, которые приводятся в движение посредством тяги – 2 через коромысло – 4 при подаче воздуха в полость пневмоцилиндра. После стравливания воздуха из полости пневмоцилиндра тяга возвращается в исходное положение, а прихваты под действием пружин – 7 перемещаются. Деталь высвобождается.\

Максимальная осевая сила, возникающая при обработке детали в приспособлении $P = 375 \text{ Н}$, (см. п.2.3.6.1). По формулам (49) и (50) определяю усилие зажима и диаметр поршня пневмоцилиндра.

$$Q = \frac{2,5 \cdot 375 \cdot 30,5}{0,35 \cdot 35} = 2334 \text{ Н}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2334}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 88,5 \text{ мм}$$

В соответствии с ГОСТ 15608-73 из размерного ряда диаметров встроенных пневмоцилиндров выбираем $D = 90 \text{ мм}$.

3.2 Проектирование (выбор) режущего инструмента

Для черновой обработки базовой поверхности детали на фрезерной операции предлагаю конструкцию фрезы (рисунок 3.2).

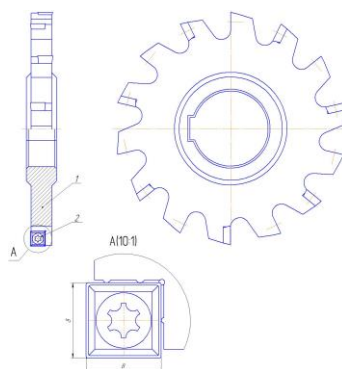


Рисунок 3.3 – Фреза дисковая трехсторонняя

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Приспособление состоит из корпуса – 2, в котором установлена направляющая – 4, на которую устанавливается деталь. Неперпендикулярность направляющей относительно опорной поверхности корпуса не более 0,005 мм.

Также в верхней планке корпуса установлены два индикатора – 7. Непараллельность посадочных отверстий индикаторов относительно оси направляющей также не более 0,005 мм. Настройка индикаторов производится на один размер по наборам плоскопараллельных концевых мер.

Контроль осуществляется следующим образом, в контролируемые отверстия детали поочередно попарно вставляется скалка, подпружиненная шариками для того, чтобы устранить зазоры в сопряжениях. По разнице показаний индикаторов делается заключение. Индикаторы фиксируют по скалке отклонение от настроечного размера, после чего делается вывод о годности детали.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков, Л. Машиностроение, 1975.
2. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога - машиностроителя, М. «Издательство станков» 1982.
3. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, Минск Высшая школа 1975.
4. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету по технологии машиностроения, Москва. Машиностроение 1985г.
5. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов, М.: Машиностроение, 1989.
6. Маталин, А.А. Технология машиностроения, Л. Машиностроение 1985.
7. Нефедов, Н.Е. Сборник задачи примеров по резанию металлов и режущему инструменту, Москва. Машиностроение 1977.
8. Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических задач: Учебное пособие в 3 ч. – Челябинск: Изд-во. ЧГТУ, 2009. – 572 с.
9. Справочник технолога том 1 и 2 под редакцией Косилова А.А. Москва, Машиностроение 1986.
10. Общемашиностроительные нормативы времени, М. Машиностроение 1989.

					150305.2018.003.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58