

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2021 г.

Проектирование участка механической обработки детали "Корпус"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2021.394.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
ст. преподаватель
_____ С.Н. Юдин
_____ 2021г.

Автор работы
студент группы ДО – 516
_____ А.Д. Паскевич
_____ 2021г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2021г.

Челябинск,
2021

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

АННОТАЦИЯ

Паскевич, А.Д. Участок механической обработки детали «Барабан» - Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2021, 84 с., 21 ил., библиографический список – 12 наименования, 5 листов чертежей ф. А1, 2 листа чертежей ф. А2.

После анализа существующего технологического процесса предложено в качестве заготовки использовать отливку, получаемую литьем в кокель. Проведен размерный анализ технологического процесса, благодаря чему коэффициент использования металла повысился от 0,48 до 0,76, сведены к минимуму припуски на механическую обработку.

Разработано зажимное приспособление с пневмозажимами, что значительно экономит время на установку и снятие детали. В качестве режущего инструмента взято сверло, спроектирована многошпиндельная сверлильная головка. Такая головка обеспечивает высокую производительность, уменьшает время обработки по сравнению со сверлением одиночным сверлом. Использование, прогрессивных приспособлений позволили сократить штучное время в 1,5 раза по сравнению с заводским техпроцессом.

Разработан план расположения оборудования и указаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности на участке. Предложенное внедрение станка с ЧПУ позволяет получить рост производительности труда на 15 %, снижение себестоимости продукции на 1,35 %. Годовой экономический эффект составляет 643236,8 рублей.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Паскевич А.Д.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Юдин С.Н.			Д	3	84
<i>Реценз.</i>					Проектирование участка механической обработки детали "Корпус"		
<i>Н. Контр.</i>		Микерина О.С.					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ТТС» гр.ДО-516		
							8

ВВЕДЕНИЕ

Ведущую роль в ускорении научно-технического прогресса призвано сыграть машиностроение, которое в кратчайшие сроки необходимо поднимать на высший технический уровень.

Развитие научно-технического прогресса за счет рационального и умелого использования прогрессивных идей и результатов научных исследований одна из первоочередных задач, от решения которой во многом зависит успех в деле коренного преобразования и укрепления материальной основы технического перевооружения народного хозяйства, прежде всего машиностроения и приборостроения. Две наиболее актуальные проблемы встают перед машиностроителями: автоматизация и повышение надежности машин.

В области массового производства задача комплексной механизации традиционно решается путем применения специальных комплексов. Серийное и мелкосерийное производство наиболее трудно поддается автоматизации, так как характеризуется обширной номенклатурой и частой сменяемостью изделий.

На сегодняшний день практически единственным средством автоматизации серийного и мелкосерийного производства являются программные работы с числовым программным управлением и подобное им оборудование.

Промышленные работы создают предпосылки для перехода к качественно новому уровню автоматизации – созданию автоматических производственных систем, работающих с минимальным участием человека.

Проектируя участок механической обработки детали «Корпус» необходимо учесть проблемы машиностроения и применить наиболее прогрессивное на сегодняшний день оборудование, приспособления, инструменты, которые позволили бы изготовить высококачественную деталь с более высокой производительностью и меньшими затратами.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание узла, служебное назначение детали

Деталь «Корпус» (рисунок 1.1), с улитками с коническим диффузором, корпуса подшипниковых опор. Ротор насоса состоит из вала, осе диагонали рабочего колеса (шнека), распорной втулки и предохранительной втулки. Шнек на валу фиксируется от поворота шпонкой, крепится гайкой и контргайкой. Ротор вращается в подшипниках типа 42208 ГОСТ 8328 и 3609 ГОСТ 5721 соответственно.

Смазка подшипников – Литол – 24 ГОСТ 21150.

Резиновое кольцо предохраняет полость подшипников от проникновения перекачиваемой жидкости вдоль вала. Горловина предназначена для заполнения корпуса насоса перекачиваемой жидкости. Слив остатков перекачиваемой жидкости из насоса осуществляется через отверстие, которое глушится пробкой.

Контроль за возможными утечками перекачиваемой жидкости осуществляется через дренажное отверстие переходника.

Полость подшипников со стороны входа вала уплотняется манжетой и крышкой с прокладкой.

На торцевой поверхности шнека выполнено импеллерное уплотнение для разгрузки ротора от осевой силы. Трубопровод подводит жидкость для охлаждения уплотнения.

Кольцо предназначено для регулирования зазора между шнеком и корпусом. Заглушка с резиновым кольцом перекрывают выход жидкости в сторону крышки из впускного и дренажного отверстий. Уплотнение и герметизация полости улитки с корпусами осуществляется резиновыми кольцами.

1.2 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям её назначения

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени от правильного выбора варианта технологического процесса, его оснащения, механизации и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На трудоемкость изготовления детали оказывают особое влияние ее конструкция и технические требования на изготовление.

Проанализировав требования чертежа и сборочный чертеж изделия можно точно сказать, что все допуски завязаны не случайно и при их несоблюдении дальнейшая сборка не представляется возможной.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

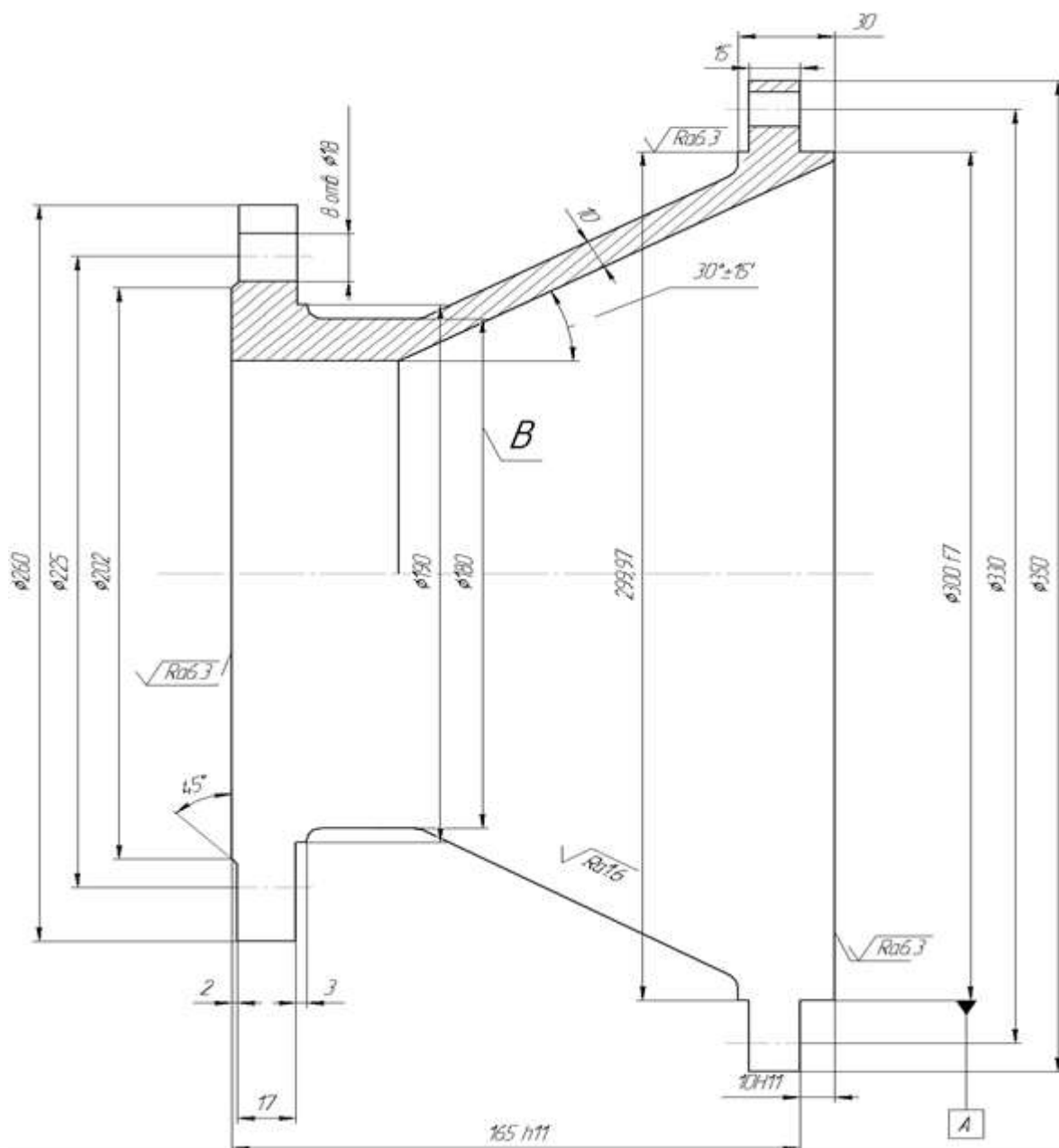


Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус»

1.3 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

Внедрение новой техники и технологии - это весьма сложный и противоречивый процесс. Принято считать, что совершенствование технических средств снижает трудозатраты, долю труда в стоимости единицы продукции. Однако в настоящее время технический прогресс "дорожает", так как требует создания и применения все более дорогостоящих станков, линий, роботов, средств компьютерного оснащения. Все это отражается на увеличении доли затрат на амортизацию и обслуживание применяемых основных фондов в себестоимости продукции. Тем не

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

менее, конкурентоспособность фирмы или предприятия, их способность удержаться на рынке товаров и услуг зависит, в первую очередь, от восприимчивости производителей товаров к новинкам техники и технологии, позволяющим обеспечить выпуск и реализацию высококачественных товаров при наиболее эффективном использовании материальных ресурсов. Поэтому при выборе вариантов техники и технологии фирма или предприятие должны четко понимать, для решения каких задач предназначается приобретаемая и внедряемая техника. Совершенствование технологических методов изготовления машин имеет при этом первостепенное значение. Качество машины, надежность, долговечность и экономичность в эксплуатации зависят не только от совершенства ее конструкции, но и от технологии производства. Применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество, поверхностей деталей машины, методов упрочнения рабочих поверхностей, повышающих ресурс работы деталей и машины в целом, эффективное использование современных автоматических и поточных линий, станков с ЧПУ, ЭВМ и другой техники, применение прогрессивных форм организации и экономики производственных процессов – все это направлено на повышение эффективности производства и качества продукции.

Задачи проектирования

В данном выпускном квалификационном работе задачами проектирования являются:

- анализ исходных данных;
- размерный анализ разработанного технологического процесса;
- проектирование приспособления для контроля радиального биения;
- проектирование приспособления для сверления 8 отверстий 18;
- проектирование восьмишпиндельной сверлильной головки;
- проектирование стенда для испытаний на прочность и герметичность;
- проектирование участка механической обработки детали;
- безопасность жизнедеятельности;
- расчет экономических показателей.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.4 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса

К повышению трудоемкости и себестоимости, обработки детали приводит увеличение допусков на обработку и высоты шероховатостей обработанных поверхностей. Это объясняется тем, что:

- с появлением дополнительных ходов возрастает основное время;
- увеличивается вспомогательное время, связанное с установкой, выверкой положения детали на станке, установкой режущего инструмента;
- применяются более точные и сложные, а значит и дорогие станки;
- увеличиваются затраты на режущий инструмент;

Чем меньше производительность и себестоимость изготовления детали, тем более она технологична.

Технологичная конструкция детали должна так же предусматривать наиболее рациональный способ получения заготовки с размерами и формами возможно более близкими к готовой детали, то есть обеспечивающий наиболее высокий коэффициент использования материала и наименьшую трудоемкость механической обработки.

Общая технологичность конструкции детали оценивается следующими показателями:

- трудоемкость, то есть время, затраченное на изготовление детали;
- коэффициент использования материала;
- себестоимость изготовления;
- возможность нормального входа и выхода режущего инструмента.

Технологичность заготовки предусматривает:

- отсутствие резких переходов в поперечных сечениях;
- закругление острых кромок;
- должны иметь уклон поверхности, расположенные перпендикулярно к плоскости разъема формы.

Проводя анализ технологичности детали «Корпус» ее можно отнести к нетехнологичной, так как квалитеты грубее шероховатости. Поэтому мы делаем больше переходов, чтобы допуски соответствовали шероховатости. Таким образом, делает деталь технологичной.

Технологичность существующего технологического процесса можно считать низкой по следующим причинам:

- применение механических зажимных приспособлений;
- отсутствие автоматической загрузки деталей в станок и разгрузка их со станка.

Эти причины приводят к увеличению основного времени, вспомогательного

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

времени, что в свою очередь приводит к повышению трудоемкости и себестоимости детали.

2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса

2.2.1 Выбор вида и метода получения заготовки

В качестве заготовки принимаем отливку, так как деталь имеет довольно большие размеры в соответствии с рисунком 2.1. Метод получения заготовки – литье в кокль, обеспечивает снижение расхода материала в 2 – 4 раза и трудоемкость на 25– 30%. Таким же способом изготавливается деталь и в базовом технологическом процессе.

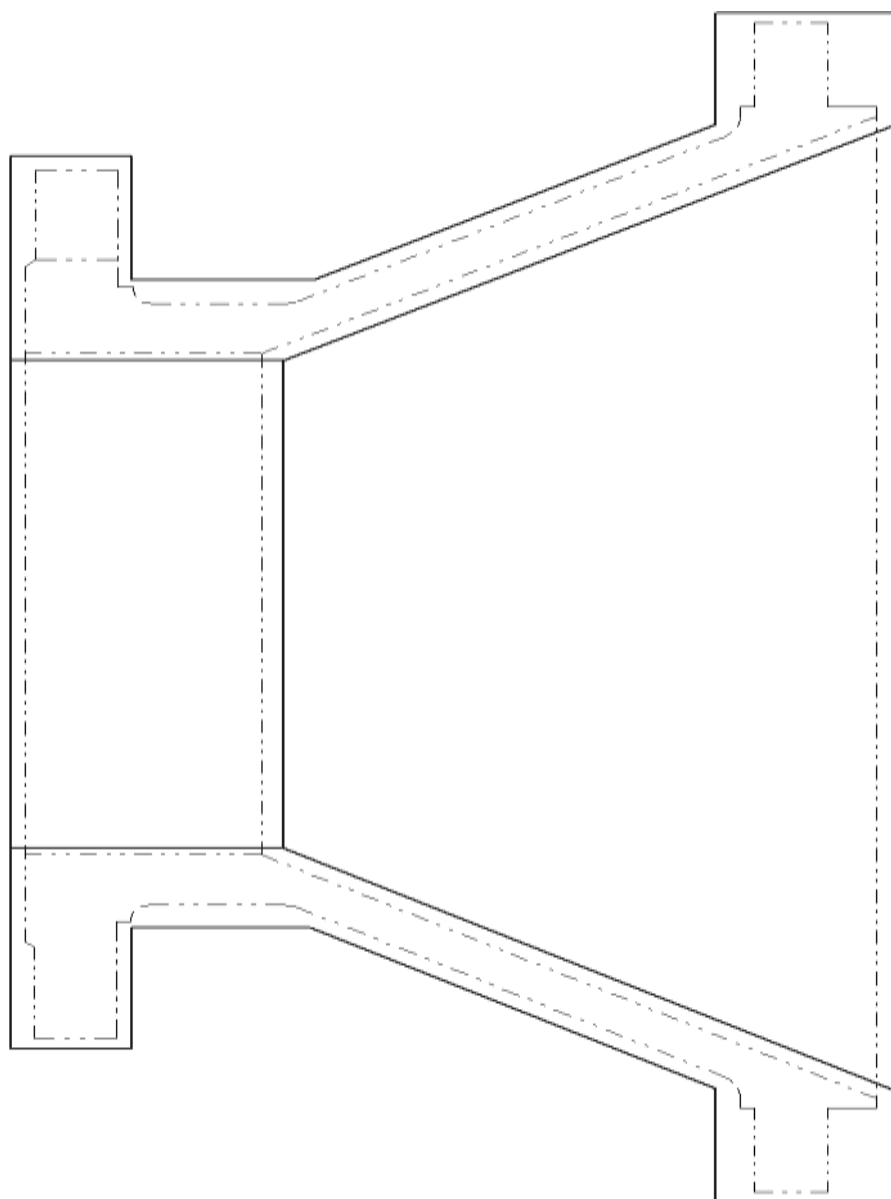


Рисунок 2.1 – Форма заготовки

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Последовательность изготовления отливок следующая:

- изготовление литейной формы;
- заливка литейной формы – процесс заполнения полости литейной формы расплавленным металлом.
- охлаждение отливок;
- выбивка отливок – процесс удаления отвердевших и охлажденных отливок из литейной формы;
- обрубка;
- выбивка стержня;
- очистка отливок.

Получили заготовку с точностью IT 14.

2.2.2 Определение последовательности обработки поверхностей детали

Поверхности детали «Корпус» обрабатываются в следующем порядке:

- 1 Обработка предварительная правого торца размера 10H11
- 2 Обработка предварительная $\varnothing 350$
- 3 Обработка предварительная внутреннего конуса в размеры $\varnothing 295,6$ угол 30°
- 4 Обработка предварительная левого торца размера 165h11
- 5 Обработка предварительная $\varnothing 260$
- 6 Обработка предварительная $\varnothing 150H12$
- 7 Обработка предварительная правого торца размера 10H11
- 8 Обработка предварительная внутреннего конуса угол 30° , $\varnothing 295,6$
- 9 Обработка предварительная $\varnothing 150H12$
- 10 Обработка предварительная внутреннего конуса угол 30° ; $\varnothing 295,6$
- 11 Обработка окончательная $\varnothing 150H12$
- 12 Цементация всех поверхностей $S=1.4...2$ мм
- 13 Обработка предварительная левого торца размера 165h11
- 14 Обработка окончательная левого торца размера 165h11
- 15 Обработка предварительная левого торца размера 17
- 16 Обработка окончательная $\varnothing 260$
- 17 Обработка окончательная правого торца размера 17
- 18 Обработка окончательная $\varnothing 180$
- 19 Обработка окончательная наружного конуса угол 30°
- 20 Обработка предварительная торца размера 30
- 21 Обработка предварительная $\varnothing 300h11$ в размер 15
- 22 Обработка предварительная $\varnothing 300h11$ в размер 15
- 23 Обработка окончательная $\varnothing 300h11$ в размер 15
- 24 Обработка предварительная $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
- 25 Обработка предварительная $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
- 26 Обработка окончательная $\varnothing 300f7$ в размер 165h11

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

- 27 Обработка предварительная правого торца размера 10H11
- 28 Обработка окончательная восьми отверстий $\varnothing 18$
- 29 Обработка окончательная двенадцати отверстий $\varnothing 12$
- 30 Термообработка
- 31 Обработка окончательная $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
- 32 Обработка окончательная правого торца размера 10H11
- 33 Обработка окончательная внутреннего конуса угол 30°

2.2.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали

Диаметральные размеры

- 1 $\varnothing 260h14$ Ra12,5
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT11 Rz50
- 2 $\varnothing 202h14$ Ra12,5
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT11 Rz50
- 3 $\varnothing 150H12$ Ra6,3
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT10 Rz25
- 4 $\varnothing 190h14$ Ra12,5
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT11 Rz50
- 5 $\varnothing 180$
Литьё
- 6 $\varnothing 240H14$ Ra1,6
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT10 Rz25
 - в) точение чистовое IT9 Rz12,5
 - г) точение тонкое IT7 Rz3,2
- 7 $\varnothing 300f7$ Ra1,6
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT11 Rz50
 - в) точение чистовое IT8 Rz12,5
 - г) точение тонкое IT6 Rz3,2
 - в) точение чистовое IT8 Rz12,5
 - г) точение тонкое IT6 Rz3,2
- 8 $\varnothing 350h11$ Ra12,5
 - а) точение черновое IT12 Rz100
 - б) точение получистовое IT11 Rz50

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

9 $\varnothing 300h11$ Ra6,3

- а) точение черновое IT12 Rz100
- б) точение получистовое IT11 Rz50
- в) точение чистовое IT8 Rz12,5

Линейные размеры

1 Обеспечение линейного размера $30 \pm \frac{t2}{2}$

- а) Обработка левого торца Rz200
Литьё
- б) Обработка правого торца Ra6,3
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100
Точение чистовое IT9, Rz25

2 Обеспечение линейного размера $15 \pm \frac{t2}{2}$

- а) Обработка левого торца Ra 6,3
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100
Точение чистовое IT8, Rz12,5
- б) Обработка правого торца Ra6,3
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100
Точение чистовое IT9, Rz25

3 Обеспечение линейного размера 10H11

- а) Обработка левого торца Ra1,6
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100
Точение чистовое IT9, Rz25
Точение тонкое IT7, Rz6,3
- б) Обработка правого торца Ra6,3
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100
Точение чистовое IT9, Rz25

4 Обеспечение линейного размера 165h11

- а) Обработка левого торца Ra12,5
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100
Точение чистовое IT9, Rz252
- б) Обработка правого торца Ra1,6
Точение черновое IT14, Rz200
Точение получистовое IT12, Rz100

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Точение чистовое IT9, Rz25

Точение тонкое IT7, Rz6,3

5 Обеспечение линейного размера $17 \pm \frac{t2}{2}$

а) Обработка левого торца Ra6,3

Точение черновое IT14, Rz200

Точение получистовое IT12, Rz100

Точение чистовое IT9, Rz25

б) Обработка правого торца Ra6,3

Точение черновое IT14, Rz200

Точение получистовое IT12, Rz100

6 Обеспечение линейного размера 3H14

а) Обработка левого торца Ra6,3

Точение черновое IT14, Rz200

Точение получистовое IT12, Rz100

Точение чистовое IT9, Rz25

б) Обработка правого торца Ra12,5

Точение черновое IT14, Rz200

Точение получистовое IT12, Rz100

2.3.4 Формирование операций и выбор оборудования

Назначаем следующую последовательность обработки детали:

000-Заготовительная

Литьё

005-Токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16K30Ф3С5

1. Точение черновое правого торца в размер 10H11

2. Точение черновое $\varnothing 350$

3. Расточка черновая конуса угол 30 °; $\varnothing 295,6$

010-Токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16K30Ф3С5

1. Точение черновое левого торца в размер 165h11

2. Точение черновое $\varnothing 260$

3. Точение черновое $\varnothing 150H12$

015-Токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16K30Ф3С5

1. Точение получистовое правого торца в размер 10H11

2. Точение чистовое правого торца размера 10H11

3. Расточка получистовая внутреннего конуса угол 30°; $\varnothing 295,6$;

Расточка получистовая 150H12

4. Расточка чистовая внутреннего конуса угол 30 °; $\varnothing 295,6$; 150H12

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

020-Цементация

025-Токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ СТП220-АП

1. Точение получистовое левого торца в размер 165h11
2. Точение чистовое левого торца размера 165h11
3. Точение черновое $\varnothing 202$ в размер 3; угол 45°
4. Точение получистовое $\varnothing 260$
5. Точение черновое $\varnothing 180$ в размер 17
6. Точение черновое наружного конуса угол 30° в размер 30
7. Точение черновое $\varnothing 300h11$ в размер 15
8. Точение получистовое $\varnothing 300h11$ в размер 15
9. Точение чистовое $\varnothing 300h11$ в размер 15

030-Токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16К30Ф3С5

1. Точение черновое $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
2. Точение получистовое $\varnothing 350$
3. Точение получистовое $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
4. Точение чистовое $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
5. Точение чистовое правого торца в размер 10h11

035-сверлильная

Оборудование: станок вертикально-сверлильный 2А135

1. Сверление восьми отверстий $\varnothing 18$

040-сверлильная

Оборудование: станок вертикально-сверлильный 2А135

1. Сверление шести отверстий $\varnothing 12$

045-Термообработка

050-Токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16К30Ф3С5

1. Точение тонкое $\varnothing 300f7$ в размер 165h11
2. Точение тонкое правого торца в размер 10Н11
3. Расточка тонкая внутреннего конуса в размеры 240Н8;
48.16 0.1; угол 30°

055-Слесарная

Верстак слесарный.

Удаление заусенцев после механической обработки детали.

060-Котрольная

Стол контрольный.

Контроль всех размеров детали согласно чертежу.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

2.3.5 Размерный анализ разработанного технологического процесса

Преобразование и кодирование чертежа детали

В соответствии с чертежом детали (см. рисунок 1.1) производим преобразование линейных (рисунок 2.1) и диаметральных (рисунок 2.2) размеров детали. Далее составляем таблицу технологического маршрута изготовления детали (таблица 2.1). По таблице технологического маршрута изготовления детали строим схемы линейных (рисунок 2.3) и диаметральных (рисунок 2.4) размеров детали. Схему пространственных отклонений не строим, так как необходимые технические требования достигаются нами на операции 060.

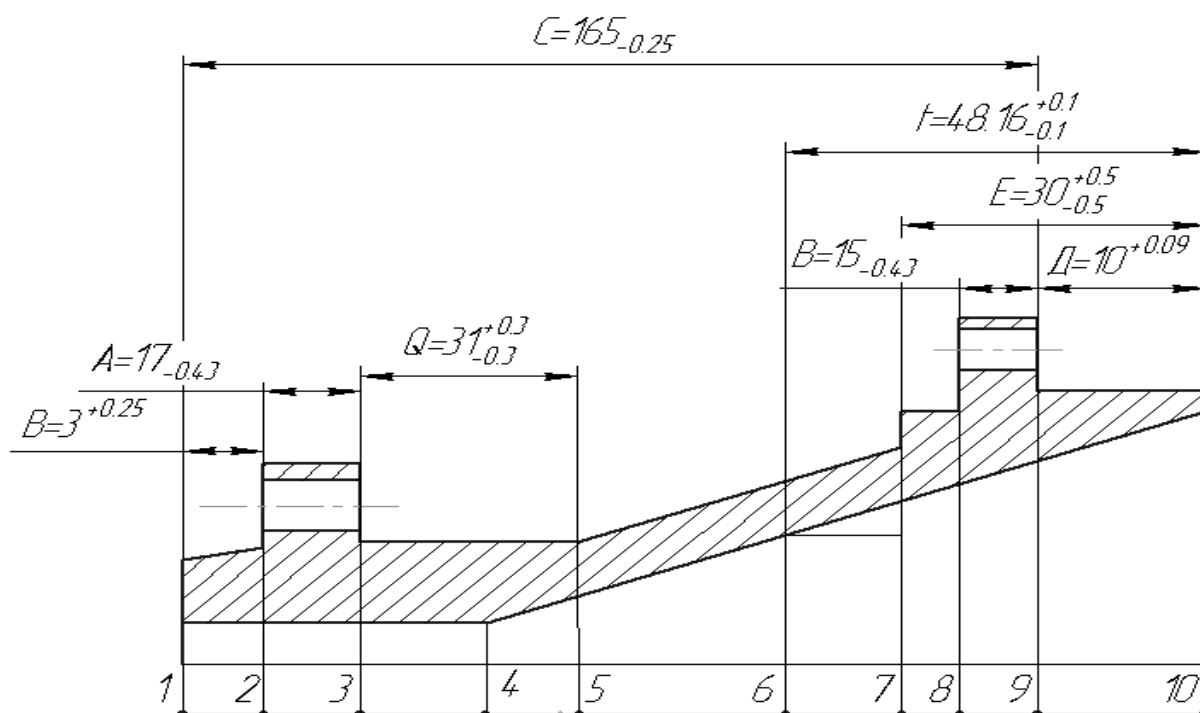


Рисунок 2.1 – Преобразование линейных размеров

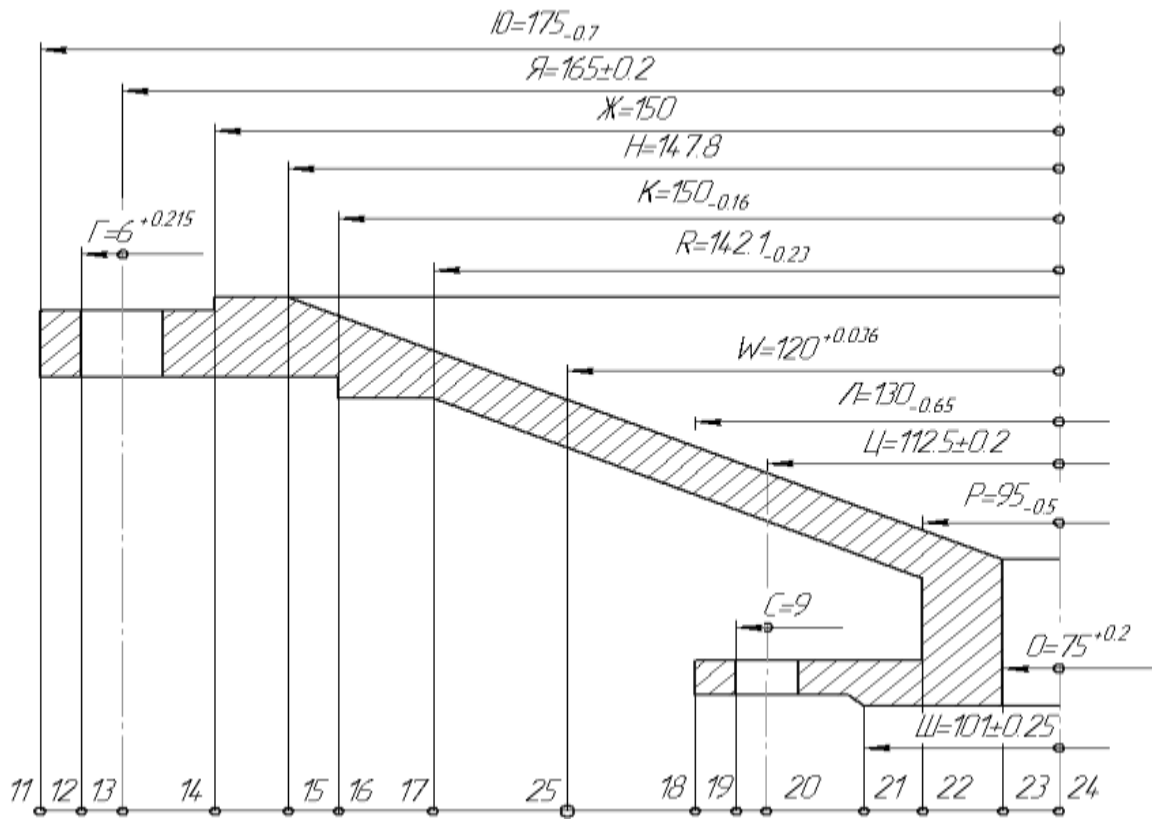


Рисунок 2.2 – Преобразование диаметральных размеров

На основании преобразования линейных размеров рисунок 2.1 и диаметральных размеров рисунок 2.2 записываем уравнения размерных цепей. Уравнения размерных цепей по схеме линейных размеров:

Линейные уравнения.

1. $[Z_{10}^{50(2)}] = D^{30(5)} + C^{30(4)} - C^{50(1)} - D^{50(2)}$
2. $[Z_9^{50(1)}] = C^{30(4)} - C^{50(1)}$
3. $[B] = C^{50(1)} - B^{25(2)} + k^{25(2)}$
4. $[Z_{10}^{30(5)}] = B^{25(2)} - C^{30(4)} - D^{30(5)}$
5. $[Z_9^{30(4)}] = C^{30(3)} - C^{30(4)}; [Z_9^{30(3)}] = C^{30(2)} - C^{30(3)}$
6. $[Z_8^{25(9)}] = k^{25(8)} - k^{25(9)}$
7. $[Z_8^{25(8)}] = k^{25(7)} - k^{25(8)}$
8. $[E^{25(6)}] = E^5 - B^{10} + B^{15(2)} - S^{20}$
9. $[Q^{25(5)}] = Q^0 - S^{20}; [Z_1^{25(2)}] = B^{25(1)} - B^{25(2)}$
10. $[B^{25(1)}] = B^{15(2)} - S^{20}$
11. $[Z_4^{15(4)}] = L^{15(4)} - L^{15(3)}$
12. $[Z_4^{15(3)}] = L^{15(3)} - B^{15(2)} + B^{10} - L^5$
13. $[Z_{10}^{15(2)}] = B^{15(1)} - B^{15(2)}$
14. $[Z_{10}^{15(1)}] = B^{10} - B^{15(1)}$
15. $[Z_1^{10}] = B^0 - E^0 - E^5 - B^{10}$
16. $[Z_4^5] = L^5 + E^0 - E^5 - B^0 + \Pi^0$
17. $[Z_{10}^5] = E^0 - E^5$

Проверка по линейным уравнениям.

1. $[E] \geq E^{25(6)} + B^{25(2)} - C^{50(1)} - D^{50(2)}$
 $TE \geq TE^{25(6)} + TB^{25(2)} + TC^{50(1)} + TD^{50(2)}$
 $1,0 \geq 0,64 + 0,22 + 0,09 + 0,022 = 0,972$
 $1,0 \geq 0,972$
2. $[B] = C^{50(1)} - B^{25(2)} + k^{25(2)} - D^{50(2)}$
 $TB \geq TC^{50(1)} + TB^{25(2)} + Tk^{25(9)} + TD^{50(2)}$
 $0,43 \geq 0,09 + 0,22 = 0,081 + 0,022 = 0,413$
 $0,43 \geq 0,413$

Решение линейных уравнений.

1. $[Z_{10}^{50(2)}] = D^{30(5)} + C^{30(4)} - C^{50(1)} - D^{50(2)}$

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ

$$Z_{10\min}^{50(2)} = 0,025$$

$$\Delta_B D^{30(5)} = 10^{+0,036}$$

$$C^{30(4)} = 165,18 - 0,15$$

$$C^{50(1)} = 165 - 0,09$$

$$D^{50(2)} = 10^{+0,022}$$

$$[Z_{10}^{50(2)}] = D_{\min}^{30(5)} + C_{\min}^{30(4)} - C_{\max}^{50(1)} - D_{\max}^{50(2)}$$

$$D_{\min}^{30(5)} = 0,025 - 165,03 - 10,022 + 165 = 10,215$$

$$D_{НОМ}^{30(5)} = 10,215 + 0,036 = 10,251$$

$$D^{30(5)} = 10,25 + 0,036$$

$$Z_{10\max}^{50(2)} = 10,25 + 165,18 - 164,91 - 10 = 0,52$$

$$2. [Z_9^{50(1)}] = C^{30(4)} - C^{50(1)}$$

$$Z_{9\min}^{50(1)} = 0,025$$

$$\Delta_H C^{30(4)} = -0,15$$

$$C^{50(1)} = 165 - 0,09$$

$$[Z_9^{50(1)}] = C_{\min}^{30(4)} - C_{\max}^{50(1)}$$

$$C_{\min}^{30(4)} = 0,025 + 165 = 165,025$$

$$C_{НОМ}^{30(4)} = 165,025 - (-0,15) = 165,175$$

$$C^{30(4)} = 165,18 - 0,15$$

$$Z_{9\max}^{50(1)} = 165,2 - 164,93 = 0,27$$

$$3. [B] = C^{50(1)} - B^{25(2)} + k^{25(2)}$$

$$B = 15 - 0,43$$

$$B^{25(2)} = 175,7 - 0,22$$

$$\Delta_H k^{25(9)} = -0,081$$

$$C^{50(1)} = 165 - 0,09$$

$$B_{\min} = C_{\min}^{50(1)} - B_{\max}^{25(2)} + k_{\min}^{25(9)}$$

$$k_{\min}^{25(9)} = 14,57 - 164,91 + 175,7 = 25,36$$

$$k_{\max}^{25(9)} = 15 - 165 + 175,48 = 25,48$$

$$k^{25(9)} = 25,48 - 0,081$$

$$4. [Z_{10}^{30(5)}] = B^{25(2)} - C^{30(4)} - D^{30(5)}$$

$$[Z_{10}^{30(5)}] = 0,025$$

$$C^{30(4)} = 165,18 - 0,15$$

$$D^{30(5)} = 10,25 - 0,036$$

$$\Delta_H B^{25(2)} = -0,22$$

$$[Z_{10\min}^{30(5)}] = B_{\min}^{25(2)} - C_{\max}^{30(4)} - D_{\max}^{30(5)}$$

$$B_{\min}^{25(2)} = 0,025 + 165,18 + 10,25 = 175,455$$

$$B^{25(2)} = 175,455 - (-0,22) = 175,675$$

$$B^{25(2)} = 175,7 - 0,22$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$[Z_{10\max}^{30(5)}] = 175,7 - 165,03 - 10,214 = 0,456$$

$$5. [Z_9^{30(4)}] = C^{30(3)} - C^{30(4)}$$

$$[Z_{9\min}^{30(4)}] = 0,1$$

$$C^{30(4)} = 165,18 - 0,15$$

$$\Delta_H C^{30(3)} = -0,45$$

$$[Z_9^{30(4)}] = C^{30(3)} - C^{30(4)}$$

$$C_{\min}^{30(3)} = 0,1 + 165,18 = 165,28$$

$$C_{\text{НОМ}}^{30(3)} = 165,28 - (-0,45) = 165,73$$

$$C^{30(3)} = 165,7 - 0,45$$

$$5a. [Z_9^{30(3)}] = C^{30(2)} - C^{30(3)}$$

$$[Z_{9\min}^{30(3)}] = 0,2$$

$$C^{30(3)} = 165,7 - 0,45$$

$$\Delta_H C^{30(2)} = -1,05$$

$$[Z_{9\min}^{30(3)}] = C_{\min}^{30(2)} - C_{\max}^{30(3)}$$

$$C_{\min}^{30(2)} = 0,2 + 165,7 = 165,9$$

$$C_{\text{НОМ}}^{30(2)} = 165,9 - (-0,45) = 166,35$$

$$C^{30(3)} = 166,4 - 0,45$$

$$[Z_9^{30(3)}] = 166,4 - 165,25 = 1,15$$

$$6. [Z_8^{25(9)}] = k^{25(8)} - k^{25(9)}$$

$$[Z_{8\min}^{25(9)}] = 0,1$$

$$k^{25(9)} = 25,48 - 0,081$$

$$\Delta_H k^{25(8)} = -0,32$$

$$[Z_{8\min}^{25(9)}] = k_{\min}^{25(8)} - k_{\max}^{25(9)}$$

$$k_{\min}^{25(8)} = 0,1 + 25,48 = 25,58$$

$$k_{\text{НОМ}}^{25(8)} = 25,58 - (-0,32) = 25,9$$

$$k^{25(8)} = 25,9 - 0,32$$

$$[Z_{8\min}^{25(9)}] = 25,9 - 25,4 = 0,5$$

$$7. [Z_8^{25(8)}] = k^{25(7)} - k^{25(8)}$$

$$[Z_{8\min}^{25(8)}] = 0,2$$

$$k^{25(8)} = 25,9 - 0,32$$

$$\Delta_H k^{25(7)} = -0,52$$

$$[Z_{8\min}^{25(8)}] = k_{\min}^{25(7)} - k_{\max}^{25(8)}$$

$$k_{\min}^{25(7)} = 0,1 - 25,9 = 26$$

$$k_{\text{НОМ}}^{25(7)} = 26 - (-0,52) = 26,52$$

$$k_{\text{НОМ}}^{25(7)} = 26,5 - 0,52$$

$$[Z_{8\min}^{25(8)}] = 26,5 - 25,58 = 0,92$$

$$8. [E^{25(6)}] = E^5 - B^{10} + B^{15(2)} - S^{20}$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$[E^{25(6)}] = 30,6 \pm 0,32$$

$$B^{10} = 177,9 \pm 0,7$$

$$B^{15(2)} = 176,2 - 0,365$$

$$TE^5 = 2,12(\pm 1,06)$$

$$S^{20} = 1,7...2,0$$

$$[E_{\min}^{25(6)}] = E_{\min}^5 - B_{\max}^{10} + B_{\min}^{15(2)} - S_{\max}^{20}$$

$$E_{\min}^5 = 30,28 + 178,6 - 175,835 + 2,0 = 35,045$$

$$E_{\text{н.о.м}}^5 = 35,045 - (-1,06) = 36,105$$

$$E^5 = 36,1 \pm 1,06$$

$$9. [Q^{25(5)}] = Q^0 + S^{20}$$

$$[Q^{25(5)}] = 31 \pm 0,3$$

$$S^{20} = 1,7...2,0$$

$$TQ^0 = 1,0(\pm 0,5)$$

$$[Q_{\min}^{25(5)}] = Q_{\min}^0 + S_{\min}^{20}$$

$$Q_{\min}^0 = 30,7 - 1,7 = 29$$

$$Q_{\text{н.о.м}}^0 = 29 - (-0,5) = 29,5$$

$$Q^0 = 29,5 \pm 0,5$$

$$9^a. [Z_1^{25(1)}] = B^{25(1)} - B^{25(2)}$$

$$[Z_1^{25(1)}] = 0,2$$

$$B^{25(2)} = 175,7 - 0,22$$

$$\Delta_H B^{25(1)} = -0,52$$

$$[Z_{1\max}^{25(1)}] = B_{\min}^{25(1)} - B_{\max}^{25(2)}$$

$$B_{\min}^{25(1)} = 0,2 + 175,7 = 175,9$$

$$B_{\text{н.о.м}}^{25(1)} = 175,9 - (-0,52) = 176,42$$

$$B^{25(1)} = 176 - 0,52$$

$$[Z_{1\max}^{25(1)}] = 176,4 - 175,48 = 0,92$$

$$E - E^{25(6)} + B^{25(2)} - C^{50(1)} - D^{50(2)}$$

$$[E] = E^{25(6)} - B^{25(2)} + C^{50(1)} + D^{50(2)}$$

$$[E] = 30 \pm 0,5$$

$$B^{25(2)} = 175,7 - 0,22$$

$$C^{50(1)} = 165 - 0,09$$

$$D^{50(2)} = 10^{+0,022}$$

$$TE^{25(6)} = 0,64$$

$$[E_{\min}^{25(6)}] = E_{\min}^{25(6)} - B_{\max}^{25(2)} + C_{\min}^{50(1)} + D_{\min}^{50(2)}$$

$$E_{\min}^{25(6)} = E_{\min}^{25(6)} + B_{\max}^{25(2)} - C_{\min}^{50(1)} - D_{\min}^{50(2)}$$

$$E_{\min}^{25(6)} = 29,5 + 175,7 - 164,91 - 10 = 30,29$$

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ

$$E_{\max}^{25(6)} = E_{\max} + B_{\min}^{25(2)} - C_{\max}^{50(1)} - D_{\max}^{50(2)}$$

$$E_{\max}^{25(6)} = 30,5 + 175,48 - 165 - 10,022 = 30,958$$

$$E^{25(6)} = 30,6 \pm 0,32$$

$$10. [B^{25(1)}] = B^{15(2)} - S^{20}$$

$$B^{15(2)} = 176,4 - 0,52$$

$$\Delta B^{15(2)} = -0,365$$

$$S^{20} = 1,7...2,0$$

$$[B_{\min}^{25(1)}] = B_{\min}^{15(2)} - S_{\max}^{20}$$

$$[B_{\min}^{25(1)}] = 175,88 + 2 = 177,88$$

$$[B^{25(1)}] = 177,88 - (-0,365) = 178,245$$

$$[B^{25(1)}] = 178,2 - 0,365$$

$$11. [Z_4^{15(4)}] = L^{15(4)} - L^{15(3)}$$

$$[Z_{4\min}^{15(4)}] = 0,1$$

$$L^{15(4)} = 124,9 \pm 0,05$$

$$TL^{15(3)} = 0,4(\pm 0,2)$$

$$[Z_{4\min}^{15(4)}] = L_{\min}^{15(4)} - L_{\max}^{15(3)}$$

$$L_{\max}^{15(3)} = 124,85 - 0,1 = 124,75$$

$$L_{\text{н.о.м}}^{15(3)} = 124,75 - 0,2 = 124,55$$

$$L^{15(3)} = 124,55 \pm 0,2$$

$$[Z_{4\max}^{15(4)}] = 124,95 - 124,35 = 0,6$$

$$12. [Z_4^{15(3)}] = L^{15(3)} - B^{15(2)} + B^{10} - L^5$$

$$[Z_{4\min}^{15(3)}] = 0,2$$

$$L^{15(3)} = 124,55 \pm 0,2$$

$$B^{15(2)} = 178,2 - 0,365$$

$$TL^5 = 1,0(\pm 0,5)$$

$$B^{10} = 179,9 \pm 0,7$$

$$[Z_{4\min}^{15(3)}] = L_{\min}^{15(3)} - B_{\max}^{15(2)} + B_{\min}^{10} - L_{\max}^5$$

$$L_{\max}^5 = 124,35 - 178,2 + 179,2 - 0,2 = 125,15$$

$$L_{\text{н.о.м}}^5 = 125,15 - 0,5 = 124,65$$

$$L^5 = 124,6 \pm 0,5$$

$$[Z_{4\max}^{15(3)}] = 124,75 - 177,835 + 179,6 - 124,1 = 3,415$$

$$13. [Z_{10}^{15(2)}] = B^{15(1)} - B^{15(2)}$$

$$[Z_{10}^{15(2)}] = 0,1$$

$$B^{15(2)} = 178,2 - 0,365$$

$$\Delta_{\text{н.о.м}} B^{15(1)} = -0,74$$

$$[Z_{10\min}^{15(2)}] = B_{\min}^{15(1)} - B_{\max}^{15(2)}$$

$$B_{\min}^{15(1)} = 0,1 + 178,2 = 178,3$$

$$B_{\text{н.о.м}}^{15(1)} = 178,3 - (-0,74) = 179,04$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$B^{15(1)} = 179 - 0,74$$

$$[Z_{10\min}^{15(2)}] = 179 - 178,835 = 1,165$$

$$14. [Z_{10}^{15(1)}] = B^{10} - B^{15(1)}$$

$$[Z_{10\min}^{15(1)}] = 0,2$$

$$B^{15(1)} = 179 - 0,74$$

$$TB^{10} = 1,4(\pm 0,7)$$

$$[Z_{10\min}^{15(1)}] = B_{\min}^{10} - B_{\max}^{15(1)}$$

$$B_{\min}^{10} = 0,2 + 179 = 179,2$$

$$B_{ном}^{10} = 179,2 - (-0,7) = 179,9$$

$$B^{10} = 179,9 \pm 0,7$$

$$[Z_{10\max}^{15(1)}] = 180,6 - 178,26 = 2,34$$

$$15. [Z_1^{10}] = B^0 - E^0 - E^5 - B^{10}$$

$$[Z_{1\min}^{10}] = 0,2$$

$$E^0 = 38,1 \pm 0,5$$

$$E^5 = 36,1 \pm 1,06$$

$$TB^0 = 1,6(\pm 0,8)$$

$$B^{10} = 179,9 \pm 0,7$$

$$[Z_{1\min}^{10}] = B_{\min}^0 - E_{\max}^0 - E_{\min}^5 - B_{\max}^{10}$$

$$B_{\min}^0 = 0,4 + 38,6 - 35,04 + 180,6 = 184,56$$

$$B_{ном}^0 = 184,56 - (-0,8) = 185,36$$

$$B^0 = 185,4 \pm 0,8$$

$$[Z_{1\max}^{10}] = 186,2 - 37,16 - 179,2 = 6,56$$

$$16. [Z_4^5] = L^5 + E^0 - E^5 - B^0 + \Pi^0$$

$$[Z_{4\min}^5] = 0,4$$

$$L^5 = 124,6 \pm 0,5$$

$$E^5 = 36,1 \pm 1,06$$

$$E^0 = 38,1 \pm 0,5$$

$$T\Pi^0 = 1,0(\pm 0,5)$$

$$B^0 = 183,4 \pm 0,8$$

$$[Z_{4\min}^5] = L_{\min}^5 - E_{\max}^5 + E_{\min}^0 - B_{\max}^0 + \Pi_{\min}^0$$

$$\Pi_{\min}^0 = 0,4 - 124,1 + 37,16 - 37,6 + 184,2 = 60,069$$

$$\Pi_{ном}^0 = 60,06 - (-0,5) = 60,56$$

$$\Pi^0 = 60,6 \pm 0,5$$

$$[Z_{4\max}^5] = 125,1 - 35,04 + 38,6 - 182,6 + 61,1 = 7,06$$

$$17. [Z_{10}^5] = E^0 - E^5$$

$$[Z_{10\min}^5] = 0,4$$

$$E^5 = 36,1 \pm 1,06$$

$$TE^0 = 1,0(\pm 0,5)$$

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ

$$[Z_{10\min}^5] = E_{\min}^0 - E_{\max}^5$$

$$E_{\min}^0 = 0,4 + 37,16 = 37,56$$

$$E_{\text{н.о.м}}^0 = 37,56 - (-0,5) = 38,06$$

$$E^0 = 38,1 \pm 0,5$$

$$[Z_{10\max}^5] = 38,6 - 35,04 = 3,56$$

Уравнения диаметральных размеров.

1. $[Z_{15}^{50(3)}] = H^{50(3)} - H^{15(4)} - 23^{15(4)}15^{50(3)} - 23^{15(4)}15^{15(4)}$
2. $[S] = S^{25} - H^{50(3)} + H^{15(4)} - 23^{15(4)}15^{50(3)} - 23^{15(4)}15^{15(4)}$
3. $[Z_{14}^{50(1)}] = Ж^{30(4)} - Ж^{50(1)} - 23^{15(4)}14^{50(3)} - 14^{30(4)}23^{15(4)}$
4. $[Z_{14}^{30(4)}] = Ж^{30(3)} - Ж^{30(4)} - 14^{30(4)}25^{15(4)} - 14^{30(3)}23^{15(3)}$
5. $[Z_{14}^{30(3)}] = Ж^{30(2)} - Ж^{30(3)} - 14^{30(3)}25^{15(3)} - 14^{30(2)}23^{15(4)}$
6. $[Ю^{30(1)}] = Ю^5 - S^{20} - 11^{30(1)}23^{15(4)} - 18^{10}23^{15(4)} - 11^518^{10}$
7. $[Z_{16}^{25(9)}] = K^{25(8)} - K^{25(9)} - 11^516^{25(9)} - 11^516^{25(8)}$
8. $[Z_{16}^{25(8)}] = K^{25(7)} - K^{25(8)} - 11^516^{25(8)} - 11^516^{25(7)}$
9. $[R^{25(6)}] = R^0 - S^{20} - 11^517^{25(6)} - 11^518^0 - 17^018^0$
10. $[P^{25(5)}] = P^0 - S^0 - 11^522^{25(5)} - 11^518^0 - 11^022^0$
11. $[Л^{25(3)}] = Л^{10} - S - 11^518^{25(4)} - 11^518^{10}$
12. $[Z_{15}^{15(4)}] = H^{15(4)} - H^{15(3)} - 15^{15(4)}18^{10} - 15^{15(3)}18^{10}$
13. $[Z_{23}^{15(4)}] = O^{15(4)} - O^{15(3)} - 18^{10}23^{15(3)} - 18^{10}23^{15(4)}$
14. $[Z_{23}^{15(4)}] = O^{15(3)} - O^{10} - 18^{10}23^{15(3)} - 11^518^{10} - 11^523^{10}$
15. $[Z_{15}^{15(3)}] = H^{15(3)} - H^5 - 15^{15(3)}18^{10} - 11^518^0 - 11^518^0 - 15^518^0$
16. $[Z_{23}^{10}] = O^{10} - O^0 - 11^523^{10} - 11^518^0 - 18^023^0$
17. $[Z_{15}^5] = Л^0 - Л^{10} - 11^518^{10} - 11^518^0$
18. $[Z_{15}^5] = H^5 - H^0 - 15^{15}18^0 - 15^018^0$
19. $[Z_{11}^5] = Ю^0 - Ю^5 - 15^{15}18^0 - 11^018^0$

Решение диаметральных уравнений

1. $[Z_{15}^{50(3)}] = H^{50(3)} - H^{15(4)} - 23^{15(4)}15^{50(3)} - 23^{15(4)}15^{15(4)}$
 $Z_{15\min}^{50(3)} = 0,0125 \quad H^{50(3)} = 147,8^{+0,026} \quad \Delta_{\text{ВВ}}^{15(4)} = +0,065$
 $23^{15(4)}15^{50(3)} = \pm 0,05 \quad 23^{15(4)}15^{15(4)} = \pm 0,04$

$$[Z_{15\min}^{50(3)}] = H_{\min}^{50(3)} - H_{\max}^{15(4)} - 23^{15(4)}15^{50(3)} - 23^{15(4)}15^{15(4)}$$

$$H_{\max}^{15(4)} = 147,8 - 0,0125 - 0,05 - 0,04 = 147,6975$$

$$H_{\text{ном}}^{15(4)} = 147,6975 - 0,065 = 147,6325$$

$$H^{15(4)} = 147,6^{+0,065} \quad 2H^{15(4)} = 294,2^{+0,13}$$

$$Z_{15\max}^{50(3)} = 147,826 - 147,6 + 0,09 = 0,316$$

$$2. [S] = S^{25} - H^{50(3)} + H^{15(4)} - 23^{15(4)}15^{50(3)} - 23^{15(4)}15^{15(4)}$$

$$S = 1,4...2,0 \quad H^{50(3)} = 147,8^{+0,026} \quad H^{15(4)} = 147,6^{+0,065}$$

$$23^{15(4)}15^{50(3)} = \pm 0,05 \quad 23^{15(4)}15^{15(4)} = \pm 0,04$$

$$S_{\min}^{25} = S_{\min}^{25} - H_{\max}^{50(3)} + H_{\min}^{15(4)} - 23^{15(4)}15_{\max}^{50(3)} - 23^{15(4)}15_{\max}^{15(4)}$$

$$H_{\max}^{15(4)} = 147,8 - 0,0125 - 0,05 - 0,04 = 147,6975$$

$$S_{\min}^{25} = 1,4 + 147,826 - 147,6 + 0,09 = 1,686$$

$$S_{\max}^{25} = 2 + 147,8 - 147,665 - 0,09 = 2,045$$

Принимаем $S^{25} = 1,4...2,0$

$$3. [Z_{14}^{50(1)}] = Ж^{30(4)} - Ж^{50(1)} - 23^{15(4)}14^{50(3)} - 14^{30(4)}23^{15(4)}$$

$$Z_{14\min}^{50(1)} = 0,0125 \quad Ж^{50(1)} = 150_{-0,016} \quad \Delta Ж^{30(4)} = -0,0405$$

$$23^{15(4)}14^{50(3)} = \pm 0,05 \quad 14^{30(4)}23^{15(4)} = \pm 0,04$$

$$Z_{14\min}^{50(1)} = Ж_{\min}^{30(4)} - Ж_{\max}^{50(1)} - 23^{15(4)}14_{\max}^{50(3)} - 14_{\max}^{30(4)}23_{\max}^{15(4)}$$

$$Ж_{\min}^{30(4)} = 0,0125 + 150 + 0,05 + 0,04 = 150,1025$$

$$Ж_{\text{ном}}^{30(4)} = 150,1025 - (-0,0405) = 150,143$$

$$Ж^{30(4)} = 150,15_{-0,0405} \quad 2Ж^{30(4)} = 300,3_{-0,081}$$

$$Z_{14\max}^{50(1)} = 150,15 - 149,984 + 0,05 + 0,04 = 0,256$$

$$4. [Z_{14}^{30(4)}] = Ж^{30(3)} - Ж^{30(4)} - 14^{30(4)}25^{15(4)} - 14^{30(3)}23^{15(3)}$$

$$Z_{14\min}^{30(4)} = 0,5 \quad Ж^{30(4)} = 150,15_{-0,0405} \quad \Delta Ж^{30(3)} = -0,16$$

$$14^{30(4)}25^{15(4)} = \pm 0,04 \quad 14^{30(3)}23^{15(3)} = \pm 0,125$$

$$Z_{14\min}^{30(4)} = Ж_{\min}^{30(3)} - Ж_{\max}^{30(4)} - 14^{30(4)}25_{\max}^{15(4)} - 14_{\max}^{30(3)}23_{\max}^{15(3)}$$

$$Ж_{\min}^{30(3)} = 0,05 + 150,15 + 0,04 + 0,125 = 150,365$$

$$Ж_{\text{ном}}^{30(3)} = 150,365 - (-0,125) = 150,49$$

$$Ж^{30(3)} = 150,5_{-0,16} \quad 2Ж^{30(3)} = 301_{-0,32}$$

$$Z_{14\max}^{30(4)} = 150,5 - 150,1095 + 0,04 + 0,125 = 0,4805$$

$$5. [Z_{14}^{30(3)}] = Ж^{30(2)} - Ж^{30(3)} - 14^{30(3)}25^{15(3)} - 14^{30(2)}23^{15(4)}$$

$$Z_{14\min}^{30(3)} = 0,1 \quad Ж^{30(3)} = 150,5_{-0,16} \quad \Delta Ж^{30(2)} = -0,26$$

$$14^{30(3)}23^{15(3)} = \pm 0,125 \quad 14^{30(2)}23^{15(4)} = \pm 0,2$$

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ

$$Z_{14\min}^{30(3)} = \mathcal{K}_{\min}^{30(2)} - \mathcal{K}_{\max}^{30(3)} - 14^{30(3)}23_{\max}^{15(3)} - 14^{30(2)}23_{\max}^{15(4)}$$

$$\mathcal{K}_{\min}^{30(2)} = 0,1 + 150,66 + 0,125 + 0,2 = 151,085$$

$$\mathcal{K}_{\text{НОМ}}^{30(2)} = 151,085 - (-0,26) = 151,45$$

$$\mathcal{K}^{30(2)} = 151,35_{-0,26} \quad 2\mathcal{K}^{30(2)} = 302,7_{-0,52}$$

$$Z_{14\max}^{30(3)} = 151,35 - 150,34 - (-0,2) - (-0,125) = 1,335$$

$$6. [Y^{30(1)}] = Y^5 - S^{20} - 11^{30(1)}23_{\max}^{15(4)} - 18^{10}23_{\max}^{15(4)} - 11^5 18^{10}$$

$$Y^{30(1)} = 175_{-0,18} \quad S^{20} = 1,7...2 \quad \Delta H Y^5 = -0,26$$

$$11^{30(1)}23_{\max}^{15(4)} = \pm 0,15 \quad 18^{10}23_{\max}^{15(4)} = \pm 0,05 \quad 11^5 18^{10} = \pm 0,2$$

$$Y_{\min}^{30(1)} = Y_{\min}^5 - S_{\max}^{20} - 11^{30(1)}23_{\max}^{15(4)} - 18^{10}23_{\max}^{15(4)} - 11^5 18_{\max}^{10}$$

$$Y_{\min}^5 = 174,82 + 2 + 0,15 + 0,2 + 0,05 = 177,22$$

$$Y_{\text{НОМ}}^5 = 177,22 - (-0,26) = 177,48$$

$$Y^5 = 177,5_{-0,26} \quad 2Y^5 = 355_{-0,52}$$

$$7. [Z_{16}^{25(9)}] = K^{25(8)} - K^{25(9)} - 11^5 16^{25(9)} - 11^5 16^{25(8)}$$

$$Z_{16\min}^{25(9)} = 0,05 \quad K^{25(9)} = 150_{-0,0405} \quad \Delta H H^{25(8)} = \pm 0,125$$

$$11^5 16^{25(9)} = \pm 0,05 \quad 11^5 16^{25(8)} = \pm 0,125$$

$$Z_{16\min}^{25(9)} = K_{\min}^{25(8)} - K_{\max}^{25(9)} - 11^5 16_{\max}^{25(9)} - 11^5 16_{\max}^{25(8)}$$

$$K_{\min}^{25(8)} = 0,05 + 150 + 0,05 + 0,125 = 150,225$$

$$K_{\text{НОМ}}^{25(8)} = 150,225 - (-0,16) = 150,385$$

$$K^{25(8)} = 150,4_{-0,16} \quad 2K^{25(8)} = 300,8_{-0,32}$$

$$Z_{16\max}^{25(9)} = 150,4 - 149,9595 - (-0,05) - (-0,125) = 0,6155$$

$$8. [Z_{16}^{25(8)}] = K^{25(7)} - K^{25(8)} - 11^5 16^{25(8)} - 11^5 16^{25(7)}$$

$$Z_{16\min}^{25(9)} = 0,1 \quad K^{25(8)} = 150,4_{-0,16} \quad \Delta H H^{25(7)} = -0,26$$

$$11^5 16^{25(8)} = \pm 0,125 \quad 11^5 16^{25(7)} = \pm 0,2$$

$$Z_{16\min}^{25(8)} = K_{\min}^{25(7)} - K_{\max}^{25(8)} - 11^5 16_{\max}^{25(8)} - 11^5 16_{\max}^{25(7)}$$

$$K_{\min}^{25(7)} = 0,1 + 150,4 + 0,125 + 0,2 = 150,825$$

$$K_{\text{НОМ}}^{25(7)} = 150,825 - (-0,26) = 151,085$$

$$K^{25(7)} = 151,4_{-0,26} \quad 2K^{25(7)} = 302,2_{-0,52}$$

$$Z_{16\max}^{25(8)} = 151,1 - 150,24 - (-0,155) - (-0,2) = 1,185$$

$$9. [R^{25(6)}] = R^0 - S^{20} - 11^5 17^{25(6)} - 11^5 18^0 - 17^0 18^0$$

$$R^{25(6)} = 142,1_{-0,26} \quad S^{20} = 1,7...2,0 \quad 11^5 17^{25(6)} = \pm 0,2$$

$$TR^0 = 1,1(\pm 0,55) \quad 11^5 18^0 = \pm 0,2 \quad 17^0 18^0 = \pm 0,3$$

$$R_{\min}^{25(6)} = R_{\min}^0 - S_{\max}^{20} - 11^5 18_{\max}^0 - 18^{10} 23_{\max}^{15(4)} - 17^0 18_{\max}^0$$

$$R_{\min}^0 = 141,86 + 2 + 0,2 + 0,2 + 0,3 = 144,55$$

$$R_{\text{НОМ}}^0 = 144,55 - (-0,55) = 145,1$$

$$R^0 = 145,1 \pm 0,55 \quad 2R^0 = 290,2 \pm 1,1$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$10. [P^{25(5)}] = P^0 - S^0 - 11^5 22^{25(5)} - 11^5 18^0 - 11^0 22^0$$

$$P^{25(5)} = 90_{-0,2} \quad TP^0 = 0,9(\pm 0,45) \quad S^{20} = 1,7...2,0$$

$$11^5 22^{25(5)} = \pm 0,15 \quad 11^5 18^0 = \pm 0,2 \quad 11^0 22^0 = \pm 0,3$$

$$P_{\max}^{25(5)} = P_{\min}^0 - S_{\max}^{20} - 11^5 22_{\max}^{25(5)} - 11^5 18_{\max}^0 - 11^0 22_{\max}^0$$

$$P_{\min}^0 = 90 + 2 + 0,15 + 0,2 + 0,3 = 92,65$$

$$P_{\text{НОМ}}^0 = 92,65 - (-0,45) = 93,1$$

$$P^0 = 93,1 \pm 0,45 \quad 2P^0 = 186,2 \pm 0,9$$

$$11. [Л^{25(3)}] = Л^{10} - S - 11^5 18^{25(4)} - 11^5 18^{10}$$

$$Л^{25(3)} = 130_{-0,16} \quad \Delta HH^{10} = -0,26 \quad S^{20} = 1,7...2,0$$

$$11^5 18^{25(4)} = \pm 0,05 \quad 11^5 18^{10} = \pm 0,2$$

$$Л_{\max}^{25(3)} = Л_{\min}^{10} - S_{\max}^0 - 11^5 18_{\max}^{25(4)} - 11^5 18_{\max}^{10}$$

$$Л_{\min}^{10} = 130 + 2,0 + 0,05 + 0,2 = 132,25$$

$$Л_{\text{НОМ}}^{10} = 132,25 - (-0,26) = 132,51$$

$$Л^{10} = 132,5_{-0,26} \quad 2Л^{10} = 265_{-0,52}$$

$$12. [Z_{15}^{15(4)}] = H^{15(4)} - H^{15(3)} - 15^{15(4)} 18^{10} - 15^{15(3)} 18^{10}$$

$$Z_{15\min}^{15(4)} = 0,025 \quad H^{15(3)} = 147,6^{+0,065} \quad \Delta BB^{15(3)} = +0,105$$

$$15^{15(4)} 18^{10} = \pm 0,05 \quad 15^{15(3)} 18^{10} = \pm 0,08$$

$$Z_{15\min}^{15(4)} = H_{\min}^{15(4)} - H_{\max}^{15(3)} - 15_{\max}^{15(4)} 18_{\max}^{10} - 15_{\max}^{15(3)} 18_{\max}^{10}$$

$$H_{\max}^{15(3)} = 147,6 - 0,025 - 0,05 - 0,08 = 147,445$$

$$H_{\text{НОМ}}^{15(3)} = 147,445 - 0,105 = 147,34$$

$$H^{15(3)} = 147,3^{+0,105} \quad 2H^{15(3)} = 294,6^{+0,21}$$

$$Z_{15\max}^{15(4)} = 147,665 - 147,3 - (-0,05) - (0,08) = 0,495$$

$$13. [Z_{23}^{15(4)}] = O^{15(4)} - O^{15(3)} - 18^{10} 23^{15(3)} - 18^{10} 23^{15(4)}$$

$$Z_{23\min}^{15(4)} = 0,025 \quad \Delta BB^{15(3)} = +0,08 \quad O^{15(4)} = 75^{+0,05}$$

$$18^{10} 23^{15(3)} = \pm 0,08 \quad 18^{10} 23^{15(4)} = \pm 0,04$$

$$Z_{23\min}^{15(4)} = O_{\min}^{15(4)} - O_{\max}^{15(3)} - 18_{\max}^{10} 23_{\max}^{15(3)} - 18_{\max}^{10} 23_{\max}^{15(4)}$$

$$O_{\max}^{15(3)} = 75 - 0,025 - 0,04 - 0,08 = 74,855$$

$$O_{\text{НОМ}}^{15(3)} = 74,855 - 0,08 = 74,775$$

$$O^{15(3)} = 74,75^{+0,08} \quad 2O^{15(3)} = 149,5^{+0,16}$$

$$Z_{23\max}^{15(4)} = 75,05 - 74,75 - (-0,04) - (-0,08) = 0,42$$

$$14. [Z_{23}^{15(4)}] = O^{15(3)} - O^{10} - 18^{10} 23^{15(3)} - 11^5 18^{10} - 11^5 23^{10}$$

$$Z_{23\min}^{15(3)} = 0,1 \quad O^{15(3)} = 74,75^{+0,08} \quad \Delta BB^{10} = +0,2$$

$$18^{10} 23^{15(3)} = \pm 0,08 \quad 11^5 18^{10} = \pm 0,2 \quad 11^5 23^{10} = \pm 0,15$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$Z_{23\min}^{15(3)} = O_{\min}^{15(3)} - O_{\max}^{10} - 18^{10} 23_{\max}^{15(3)} - 11^5 23_{\max}^{10}$$

$$O_{\max}^{10} = 74,75 - 0,1 - 0,08 - 0,2 - 0,15 = 74,22$$

$$O_{\text{НОМ}}^{10} = 74,22 - 0,2 = 74,02$$

$$O^{10} = 74,^{+0,2} \quad 2O^{10} = 148^{+0,4}$$

$$Z_{23\max}^{15(3)} = 74,83 - 74 - (-0,08) - (-0,2) - (0,15) = 1,26$$

$$15. [Z_{15}^{15(3)}] = H^{15(3)} - H^5 - 15^{15(3)} 18^{10} - 11^5 18^0 - 11^5 18^0 - 15^5 18^0$$

$$Z_{15\min}^{15(4)} = 0,025 \quad H^{15(3)} = 147,6^{+0,065} \quad \Delta_{\text{БВ}}^{15(3)} = +0,105$$

$$11^{15(4)} 18^{10} = \pm 0,05 \quad 15^{15(3)} 18^{10} = \pm 0,08 \quad 11^5 18^0 = \pm 0,2 \quad 15^5 18^0 = \pm 0,2$$

$$Z_{15\min}^{15(3)} = H_{\min}^{15(3)} - H_{\max}^5 - 15^{15(3)} 18_{\max}^{10} - 11^5 18_{\max}^0 - 15^5 18_{\max}^0$$

$$H_{\max}^5 = 147,3 - 0,1 - 0,48 = 146,72$$

$$H_{\text{НОМ}}^5 = 146,72 - 0,65 = 146,07$$

$$H^5 = 146,1^{+0,65} \quad 2H^5 = 292,2^{+1,3}$$

$$Z_{15\max}^{15(3)} = 147,405 - 146,1 - (-0,48) - (0,48) = 1,785$$

$$16. [Z_{23}^{10}] = O^{10} - O^0 - 11^5 23^{10} - 11^5 18^0 - 18^0 23^0$$

$$Z_{23\min}^{10} = 0,4 \quad O^{10} = 74^{+0,2} \quad TO^0 = 0,7(\pm 0,35)$$

$$11^5 23^{10} = \pm 0,15 \quad 11^5 18^0 = \pm 0,2 \quad 18^0 23^0 = 0,2$$

$$Z_{23\min}^{10} = O_{\min}^{10} - O_{\max}^0 - 11^5 23_{\max}^{10} - 11^5 18_{\max}^0 - 18^0 23_{\max}^0$$

$$O_{\max}^0 = 74 - 0,4 - 0,55 = 73,05$$

$$O_{\text{НОМ}}^0 = 73,05 - 0,35 = 72,7$$

$$O^0 = 72,7 \pm 0,35 \quad 2O^0 = 145,4 \pm 0,7$$

$$Z_{23\max}^{10} = 74,2 - 72,7 - (-0,55) = 2,05$$

$$17. [Z_{15}^5] = \Pi^0 - \Pi^{10} - 11^5 18^{10} - 11^5 18^0$$

$$Z_{18\min}^{10} = 0,4 \quad \Pi^{10} = 132,5_{-0,26} \quad T\Pi^0 = 1,1(\pm 0,55)$$

$$11^5 18^{10} = \pm 0,2 \quad 11^5 18^0 = \pm 0,2$$

$$Z_{18\min}^{10} = \Pi_{\min}^0 - \Pi_{\max}^{10} - 11^5 18_{\max}^{10} - 11^5 18_{\max}^0$$

$$\Pi_{\min}^0 = 0,4 + 132,5 + 0,4 = 133,3$$

$$\Pi_{\text{НОМ}}^{10} = 133,3 - (-0,55) = 133,85$$

$$\Pi^0 = 133,3 \pm 0,55 \quad 2\Pi^0 = 267,7 \pm 1,1$$

$$Z_{18\min}^{10} = 134,4 - 132,24 - (-0,4) = 2,56$$

$$18. [Z_{15}^5] = H^5 - H^0 - 15^{15} 18^0 - 15^0 18^0$$

$$Z_{15\min}^5 = 0,4 \quad H^5 = 146,1^{+0,65} \quad TH^0 = 1(\pm 0,5)$$

$$15^{15} 18^0 = \pm 0,2 \quad 15^0 18^0 = \pm 0,3$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$Z_{15\min}^5 = H_{\min}^5 - H_{\max}^0 - 15^{15}18_{\max}^0 - 15^018_{\max}^0$$

$$H_{\max}^0 = 146,1 - 0,4 - 0,5 = 145,2$$

$$H_{\text{ном}}^0 = 145,2 - 0,5 = 144,7$$

$$H^0 = 144,7 \pm 0,5 \quad 2H^0 = 289,4 \pm 1,0$$

$$Z_{15\min}^5 = 146,75 - 144,2 - (-0,5) = 3,05$$

$$19. [Z_{11}^5] = IO^0 - IO^5 - 15^{15}18^0 - 11^018^0$$

$$Z_{11\min}^5 = 0,4 \quad IO^5 = 177,5_{-0,26} \quad TIO^0 = 1,1(\pm 0,55)$$

$$11^{15}18^0 = \pm 0,2 \quad 11^018^0 = \pm 0,3$$

$$Z_{11\min}^5 = IO_{\min}^5 - IO_{\max}^5 - 11^{15}18_{\max}^0 - 11^018_{\max}^0$$

$$IO_{\min}^0 = 0,4 + 177,5 + 0,5 = 178,4$$

$$IO_{\text{ном}}^0 = 178,4 - (-0,55) = 178,95$$

$$IO^0 = 178,95 \pm 0,55 \quad 2IO^0 = 357,9 \pm 1,1$$

$$Z_{11\max}^5 = 179,5 - 177,24 + 0,5 = 2,76$$

										15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							33

Таблица 2.1 – Маршрут обработки детали

N опер.	Эскиз	Техн. требования
<p>000 загото витель ная</p> <p>литьё</p>		<p> $TE^0 = 10(\pm)$ $TB^0 = 10(\pm 0,5)$ $TP^0 = 10(\pm 0,5)$ $TB^0 = 16(\pm 0,5)$ $TR^0 = 2,2(\pm 1,1)$ $T2A^0 = 2,2(\pm 1,1)$ $T2P^0 = 19(\pm 0,9)$ $T20^0 = 14(\pm 0,7)$ $T2H^0 = 2,0(\pm 1,0)$ $T2B^0 = 2,2(\pm 1,1)$ $\perp 7^0 10^0 = 15$ $\odot 18^0 11^0 = 0,6$ $\odot 18^0 15^0 = 0,6$ $\odot 17^0 18^0 = 0,6$ $\odot 18^0 22^0 = 0,6$ </p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>005 ТОКАР НАЯ</p>		$TF^5 = TF_{\text{max}}^5 + \Delta$ $TE^5 = 0.62 + 15 = 2.12$ $T_{210}^5 = T_{210_{\text{max}}}^5 = 0.52$ $T_{2H}^5 = 13$ $TL^5 = 10$ $\odot 18^0_{11}^5 = 0.4$ $\odot 18^0_{15}^5 =$ $\perp 10^5_{11}^5 = 0.254$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>010 ТОКАР ННЯ</p>		<p>$\sqrt{Rz200(\downarrow)}$</p> $Tb^{10} = Tb_{\text{модл}}^{10} + \Delta 10^5$ $Tb^{10} = 1,15 + 0,25 = 1,4$ $T20^{10} = 0,4$ $T27^{10} = 0,52$ $\textcircled{C} 11^5 18^{10} = 0,4$ $\textcircled{C} 11^5 23^{10} = 0,3$ $\perp 18^{10} 1^{10} = 0,25$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>015 токар ная</p> <p>переход 1</p>		$T_B^{15(1)} = T_{B_{\text{модл}}}^{15(1)} + \Delta 1^{10}$ $T_B^{15(1)} = 0.46 + 0.25 = 0.71$

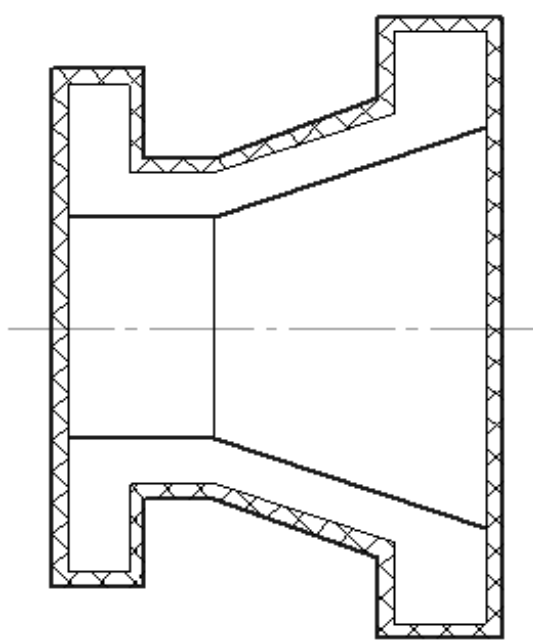
Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>015 токар ная</p> <p>пере ход 2-3</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz25}$</p> <p style="text-align: center;">$b^{15(2)}$</p>	$T_b^{15(2)} = T_{b_{модл}}^{15(2)} + \Delta 1^{10}$ $T_b^{15(2)} = 0,115 + 0,25 = 0,365$ $T_{2H}^{15(3)} = 0,21$ $T_L^{15(3)} = 0,4$ $T_{20}^{15(3)} = 0,16$ $\textcircled{\circ} 18^{10} 15^{15(3)} = 0,16$ $\textcircled{\circ} 18^{10} 23^{15(3)} = 0,12$ $ 10^{15(2)} 1^{10} = 0,12$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>015 токарная переход 4</p>	<p>Technical drawing of a stepped shaft with dimensions and surface texture. The drawing shows a shaft with a diameter of 20 mm on the left, a diameter of 18 mm on the top step, and a diameter of 15 mm on the right step. The length of the 20 mm diameter section is L. The length of the 15 mm diameter section is 2H. The diameter of the 18 mm section is 18. The diameter of the 15 mm section is 15. The diameter of the 10 mm section is 10. The diameter of the 23 mm section is 23. The surface texture is Rz12.5.</p>	<p> $\sqrt{Rz12.5}$ $T20^{15(4)} = 0.1$ $T2H^{15(4)} = 0.13$ $TL^{15(4)} = 0.1$ $\textcircled{\ominus} 18^{10} 15^{15(4)} = 0.1$ $\textcircled{\ominus} 18^{10} 23^{15(4)} = 0.08$ $\perp 10^{15(4)} 23^{15(4)} = 0.06$ </p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>020 ЦЕМЕН ТАЦИЯ h=14. ..2</p>		<p>h=17-20</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>025 токар ная пере ход 1</p>		$T_b^{25(1)} = T_{b_{модл}}^{25(1)} + \Delta 10^{15(2)}$ $T_b^{25(1)} = 0.4 + 0.12 = 0.52$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>025 токар ная пере ход 2-3-4</p>		$Tb^{25(2)} = Tb_{\text{мадн}}^{25(2)} + \Delta 10^{15(2)}$ $Tb^{25(2)} = 0.1 + 0.12 = 0.22$ $Tb^{25(4)} = 0.25$ $T2\text{Ш}^{25(4)} = 0.46$ $T2\text{Л}^{25(3)} = 0.32$ $\odot 11^5 18^{25(3)} = 0.1$ $\odot 11^5 21^{25(4)} = 0.3$ $11^{25(2)} 10^{15(2)} = 0.05$

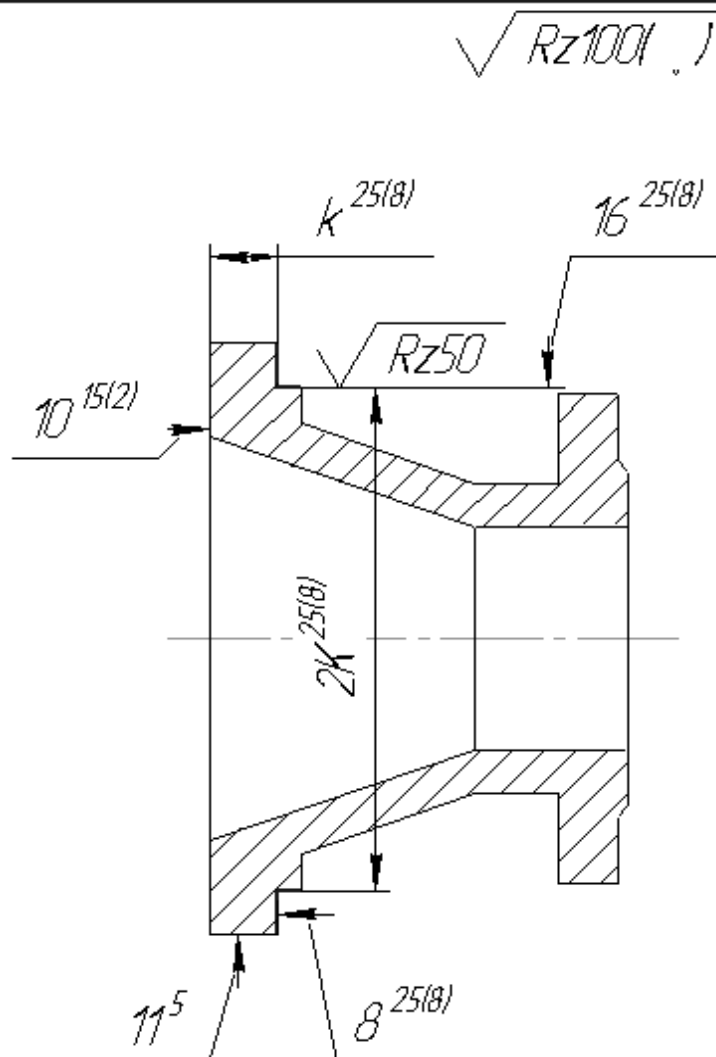
Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>025 токар на пере ход 5-6</p>		<p>$\sqrt{Rz100(√)}$</p> <p>$TE^{25(6)} = 0.52 + 0.12 = 0.64$</p> <p>$TQ^{25(5)} = 0.62$</p> <p>$TA^{25(5)} = 0.43$</p> <p>$T2R^{25(6)} = 0.52$</p> <p>$T2P^{25(5)} = 0.4$</p> <p>$\odot 11^5 17^{25(6)} = 0.4$</p> <p>$\odot 11^5 22^{25(5)} = 0.3$</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>025 токар на пере ход 7</p>	<p>Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a shaft with several diameters and radii. Key dimensions and features include: <ul style="list-style-type: none"> Top diameter: $16^{25(7)}$ Second diameter from top: $10^{15(2)}$ Third diameter from top: $8^{25(7)}$ Bottom diameter: 11^5 Radius of the top chamfer: $\sqrt{Rz200(\cdot)}$ Radius of the fillet between diameters: $Rz100$ Chamfer length: $k^{25(7)}$ Distance between diameters: $2k^{25(7)}$ Distance from bottom to start of diameter 8: $8^{25(7)}$ </p>	$TK^{25(7)} = TK_{\text{мадн}}^{25(7)} + \Delta 10^{15(2)}$ $TK^{25(7)} = 0.52 + 0.12 = 0.64$ $TK^{25(7)} = 0.52$ $\odot 11^5 16^{25(7)} = 0.4$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>025 токар на переход 8</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz100(\dots)}$</p>  <p>The drawing shows a cross-section of a shaft with several features: <ul style="list-style-type: none"> A top diameter of $k^{25(8)}$ with a surface finish of $\sqrt{Rz100(\dots)}$. A chamfered edge with a radius of $Rz50$. A diameter of $16^{25(8)}$ on the upper section. A diameter of $10^{15(2)}$ on the lower section. A diameter of $2k^{25(8)}$ in the middle section. A diameter of 11^5 at the bottom left. A diameter of $8^{25(8)}$ at the bottom right. </p>	<p> $Tk^{25(8)} = Tk_{модн}^{25(8)} + \Delta 10^{15(2)}$ $Tk^{25(8)} = 0.21$ $T2k^{25(8)} = 0.32$ $\odot 11^5 16^{25(8)} = 0.25$ </p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>025 токар на пере ход 9</p>		$TK^{25(9)} = TK_{\text{модл}}^{25(9)} + \Delta 10^{15(2)}$ $TK^{25(9)} = 0.043 + 0.12 = 0.163$ $TK^{25(9)} = 0.081$ $\textcircled{\ominus} 11^5 16^{25(9)} = 0.1$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>030 токар ная пере ход 1-2</p>		$T_{210}^{30(1)} = 0.36$ $T_{2Ж}^{30(2)} = 0.52$ $T_C^{30(2)} = T_{C_{\text{модн}}}^{30(2)} + \Delta \uparrow^{25(2)}$ $T_C^{30(2)} = 1.0 + 0.05 = 1.05$ $\odot 23^{15(4)} 14^{30(2)} = 0.4$ $\odot 23^{15(4)} 11^{30(1)} = 0.3$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>030 токар ная пере ход 3</p>		$T_{2Ж}^{30(3)} = 0.32$ $T_C^{30(3)} = T_{C_{модн}}^{30(3)} + \Delta^{25(2)}$ $T_C^{30(3)} = 0.4 + 0.05 = 0.45$ $\odot 23^{15(4)} \quad 14^{30(3)} = 0.25$

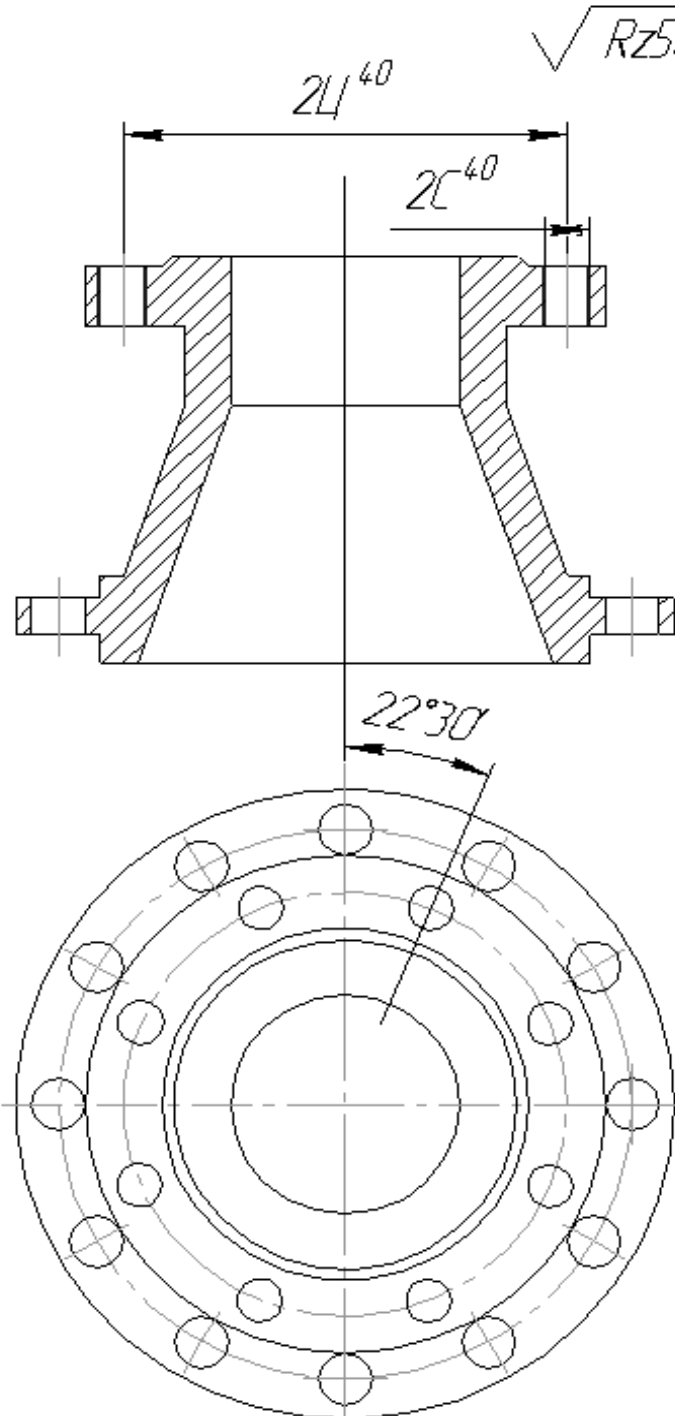
Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>030 токар ная пере ход 4-5</p>		$T_{2\text{Ж}}^{30(4)} = 0.081$ $T_C^{30(4)} = T_{\text{модл}}^{30(4)} + \Delta^{25(2)}$ $T_C^{30(4)} = 0.1 + 0.05 = 0.15$ $T_{\Delta}^{30(5)} = 0.036$ $\textcircled{23}^{15(4)} \quad 14^{30(4)} = 0.08$

Продолжение таблицы 2.1

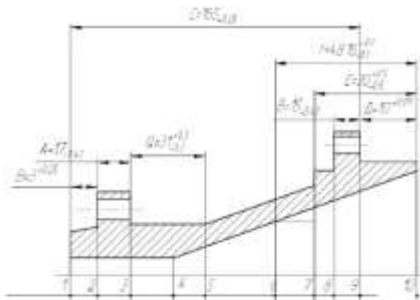
1	2	3
<p>035 свер лить ная</p>		<p>$T2R^{35} = 0.4$ $T2r^{35} = 0.18$</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>040 свер лить ноя</p>		<p>$T2Ц^{40}=0.3$ $T2С^{40}=0.18$</p>
<p>045 термо обра ботка</p>		

Окончание таблицы 2.1

1	2	3
<p>050 ТОКАР НДЯ</p>		<p> $T_{2Ж}^{50(1)} = 0.032$ $T_C^{50(1)} = T_{C_{модл}}^{50(1)} + \Delta^{25(2)}$ $T_C^{50(1)} = 0.04 + 0.05 = 0.09$ $T_{\Delta}^{50(2)} = 0.022$ $T_{2H}^{50(2)} = 0.52$ $T_f^{50(3)} = 0.062$ $T_{2W}^{50(3)} = 0.046$ $\odot 23^{15(4)} 14^{30(4)} = 0.08$ $\odot 15^{50(3)} 14^{50(1)} = 0.025$ $\odot 23^{45} 14^{50(1)} = 0.1$ $\odot 23^{45} 15^{50(3)} = 0.1$ </p>



	Z	TA			
Положение (3) левая часть 5-7	$Z_{10}^{+0,025}$ $Z_{11}^{+0,032}$ $Z_{12}^{+0,025}$ $Z_{13}^{+0,027}$	$T_{10}^{+0,032}$ $T_{11}^{+0,027}$ $T_{12}^{+0,025}$ $T_{13}^{+0,029}$			$10^{+0,025} - 10^{+0,025} - 10^{+0,025} - 10^{+0,025}$ $11^{+0,032} - 11^{+0,032} - 11^{+0,032}$ $12^{+0,025} - 12^{+0,025} - 12^{+0,025}$ $13^{+0,027} - 13^{+0,027} - 13^{+0,027}$
Положение (3) правая часть 7-9	$Z_{14}^{+0,025}$ $Z_{15}^{+0,032}$ $Z_{16}^{+0,025}$ $Z_{17}^{+0,027}$	$T_{14}^{+0,025}$ $T_{15}^{+0,032}$ $T_{16}^{+0,025}$ $T_{17}^{+0,027}$			$14^{+0,025} - 14^{+0,025} - 14^{+0,025}$ $15^{+0,032} - 15^{+0,032} - 15^{+0,032}$ $16^{+0,025} - 16^{+0,025} - 16^{+0,025}$ $17^{+0,027} - 17^{+0,027} - 17^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-7	$Z_{18}^{+0,025}$ $Z_{19}^{+0,032}$ $Z_{20}^{+0,025}$ $Z_{21}^{+0,027}$	$T_{18}^{+0,025}$ $T_{19}^{+0,032}$ $T_{20}^{+0,025}$ $T_{21}^{+0,027}$			$18^{+0,025} - 18^{+0,025} - 18^{+0,025}$ $19^{+0,032} - 19^{+0,032} - 19^{+0,032}$ $20^{+0,025} - 20^{+0,025} - 20^{+0,025}$ $21^{+0,027} - 21^{+0,027} - 21^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 8-9	$Z_{22}^{+0,025}$ $Z_{23}^{+0,032}$ $Z_{24}^{+0,025}$ $Z_{25}^{+0,027}$	$T_{22}^{+0,025}$ $T_{23}^{+0,032}$ $T_{24}^{+0,025}$ $T_{25}^{+0,027}$			$22^{+0,025} - 22^{+0,025} - 22^{+0,025}$ $23^{+0,032} - 23^{+0,032} - 23^{+0,032}$ $24^{+0,025} - 24^{+0,025} - 24^{+0,025}$ $25^{+0,027} - 25^{+0,027} - 25^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{26}^{+0,025}$ $Z_{27}^{+0,032}$ $Z_{28}^{+0,025}$ $Z_{29}^{+0,027}$	$T_{26}^{+0,025}$ $T_{27}^{+0,032}$ $T_{28}^{+0,025}$ $T_{29}^{+0,027}$			$26^{+0,025} - 26^{+0,025} - 26^{+0,025}$ $27^{+0,032} - 27^{+0,032} - 27^{+0,032}$ $28^{+0,025} - 28^{+0,025} - 28^{+0,025}$ $29^{+0,027} - 29^{+0,027} - 29^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{30}^{+0,025}$ $Z_{31}^{+0,032}$ $Z_{32}^{+0,025}$ $Z_{33}^{+0,027}$	$T_{30}^{+0,025}$ $T_{31}^{+0,032}$ $T_{32}^{+0,025}$ $T_{33}^{+0,027}$			$30^{+0,025} - 30^{+0,025} - 30^{+0,025}$ $31^{+0,032} - 31^{+0,032} - 31^{+0,032}$ $32^{+0,025} - 32^{+0,025} - 32^{+0,025}$ $33^{+0,027} - 33^{+0,027} - 33^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{34}^{+0,025}$ $Z_{35}^{+0,032}$ $Z_{36}^{+0,025}$ $Z_{37}^{+0,027}$	$T_{34}^{+0,025}$ $T_{35}^{+0,032}$ $T_{36}^{+0,025}$ $T_{37}^{+0,027}$			$34^{+0,025} - 34^{+0,025} - 34^{+0,025}$ $35^{+0,032} - 35^{+0,032} - 35^{+0,032}$ $36^{+0,025} - 36^{+0,025} - 36^{+0,025}$ $37^{+0,027} - 37^{+0,027} - 37^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{38}^{+0,025}$ $Z_{39}^{+0,032}$ $Z_{40}^{+0,025}$ $Z_{41}^{+0,027}$	$T_{38}^{+0,025}$ $T_{39}^{+0,032}$ $T_{40}^{+0,025}$ $T_{41}^{+0,027}$			$38^{+0,025} - 38^{+0,025} - 38^{+0,025}$ $39^{+0,032} - 39^{+0,032} - 39^{+0,032}$ $40^{+0,025} - 40^{+0,025} - 40^{+0,025}$ $41^{+0,027} - 41^{+0,027} - 41^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{42}^{+0,025}$ $Z_{43}^{+0,032}$ $Z_{44}^{+0,025}$ $Z_{45}^{+0,027}$	$T_{42}^{+0,025}$ $T_{43}^{+0,032}$ $T_{44}^{+0,025}$ $T_{45}^{+0,027}$			$42^{+0,025} - 42^{+0,025} - 42^{+0,025}$ $43^{+0,032} - 43^{+0,032} - 43^{+0,032}$ $44^{+0,025} - 44^{+0,025} - 44^{+0,025}$ $45^{+0,027} - 45^{+0,027} - 45^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{46}^{+0,025}$ $Z_{47}^{+0,032}$ $Z_{48}^{+0,025}$ $Z_{49}^{+0,027}$	$T_{46}^{+0,025}$ $T_{47}^{+0,032}$ $T_{48}^{+0,025}$ $T_{49}^{+0,027}$			$46^{+0,025} - 46^{+0,025} - 46^{+0,025}$ $47^{+0,032} - 47^{+0,032} - 47^{+0,032}$ $48^{+0,025} - 48^{+0,025} - 48^{+0,025}$ $49^{+0,027} - 49^{+0,027} - 49^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{50}^{+0,025}$ $Z_{51}^{+0,032}$ $Z_{52}^{+0,025}$ $Z_{53}^{+0,027}$	$T_{50}^{+0,025}$ $T_{51}^{+0,032}$ $T_{52}^{+0,025}$ $T_{53}^{+0,027}$			$50^{+0,025} - 50^{+0,025} - 50^{+0,025}$ $51^{+0,032} - 51^{+0,032} - 51^{+0,032}$ $52^{+0,025} - 52^{+0,025} - 52^{+0,025}$ $53^{+0,027} - 53^{+0,027} - 53^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{54}^{+0,025}$ $Z_{55}^{+0,032}$ $Z_{56}^{+0,025}$ $Z_{57}^{+0,027}$	$T_{54}^{+0,025}$ $T_{55}^{+0,032}$ $T_{56}^{+0,025}$ $T_{57}^{+0,027}$			$54^{+0,025} - 54^{+0,025} - 54^{+0,025}$ $55^{+0,032} - 55^{+0,032} - 55^{+0,032}$ $56^{+0,025} - 56^{+0,025} - 56^{+0,025}$ $57^{+0,027} - 57^{+0,027} - 57^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{58}^{+0,025}$ $Z_{59}^{+0,032}$ $Z_{60}^{+0,025}$ $Z_{61}^{+0,027}$	$T_{58}^{+0,025}$ $T_{59}^{+0,032}$ $T_{60}^{+0,025}$ $T_{61}^{+0,027}$			$58^{+0,025} - 58^{+0,025} - 58^{+0,025}$ $59^{+0,032} - 59^{+0,032} - 59^{+0,032}$ $60^{+0,025} - 60^{+0,025} - 60^{+0,025}$ $61^{+0,027} - 61^{+0,027} - 61^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{62}^{+0,025}$ $Z_{63}^{+0,032}$ $Z_{64}^{+0,025}$ $Z_{65}^{+0,027}$	$T_{62}^{+0,025}$ $T_{63}^{+0,032}$ $T_{64}^{+0,025}$ $T_{65}^{+0,027}$			$62^{+0,025} - 62^{+0,025} - 62^{+0,025}$ $63^{+0,032} - 63^{+0,032} - 63^{+0,032}$ $64^{+0,025} - 64^{+0,025} - 64^{+0,025}$ $65^{+0,027} - 65^{+0,027} - 65^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{66}^{+0,025}$ $Z_{67}^{+0,032}$ $Z_{68}^{+0,025}$ $Z_{69}^{+0,027}$	$T_{66}^{+0,025}$ $T_{67}^{+0,032}$ $T_{68}^{+0,025}$ $T_{69}^{+0,027}$			$66^{+0,025} - 66^{+0,025} - 66^{+0,025}$ $67^{+0,032} - 67^{+0,032} - 67^{+0,032}$ $68^{+0,025} - 68^{+0,025} - 68^{+0,025}$ $69^{+0,027} - 69^{+0,027} - 69^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{70}^{+0,025}$ $Z_{71}^{+0,032}$ $Z_{72}^{+0,025}$ $Z_{73}^{+0,027}$	$T_{70}^{+0,025}$ $T_{71}^{+0,032}$ $T_{72}^{+0,025}$ $T_{73}^{+0,027}$			$70^{+0,025} - 70^{+0,025} - 70^{+0,025}$ $71^{+0,032} - 71^{+0,032} - 71^{+0,032}$ $72^{+0,025} - 72^{+0,025} - 72^{+0,025}$ $73^{+0,027} - 73^{+0,027} - 73^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{74}^{+0,025}$ $Z_{75}^{+0,032}$ $Z_{76}^{+0,025}$ $Z_{77}^{+0,027}$	$T_{74}^{+0,025}$ $T_{75}^{+0,032}$ $T_{76}^{+0,025}$ $T_{77}^{+0,027}$			$74^{+0,025} - 74^{+0,025} - 74^{+0,025}$ $75^{+0,032} - 75^{+0,032} - 75^{+0,032}$ $76^{+0,025} - 76^{+0,025} - 76^{+0,025}$ $77^{+0,027} - 77^{+0,027} - 77^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{78}^{+0,025}$ $Z_{79}^{+0,032}$ $Z_{80}^{+0,025}$ $Z_{81}^{+0,027}$	$T_{78}^{+0,025}$ $T_{79}^{+0,032}$ $T_{80}^{+0,025}$ $T_{81}^{+0,027}$			$78^{+0,025} - 78^{+0,025} - 78^{+0,025}$ $79^{+0,032} - 79^{+0,032} - 79^{+0,032}$ $80^{+0,025} - 80^{+0,025} - 80^{+0,025}$ $81^{+0,027} - 81^{+0,027} - 81^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{82}^{+0,025}$ $Z_{83}^{+0,032}$ $Z_{84}^{+0,025}$ $Z_{85}^{+0,027}$	$T_{82}^{+0,025}$ $T_{83}^{+0,032}$ $T_{84}^{+0,025}$ $T_{85}^{+0,027}$			$82^{+0,025} - 82^{+0,025} - 82^{+0,025}$ $83^{+0,032} - 83^{+0,032} - 83^{+0,032}$ $84^{+0,025} - 84^{+0,025} - 84^{+0,025}$ $85^{+0,027} - 85^{+0,027} - 85^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{86}^{+0,025}$ $Z_{87}^{+0,032}$ $Z_{88}^{+0,025}$ $Z_{89}^{+0,027}$	$T_{86}^{+0,025}$ $T_{87}^{+0,032}$ $T_{88}^{+0,025}$ $T_{89}^{+0,027}$			$86^{+0,025} - 86^{+0,025} - 86^{+0,025}$ $87^{+0,032} - 87^{+0,032} - 87^{+0,032}$ $88^{+0,025} - 88^{+0,025} - 88^{+0,025}$ $89^{+0,027} - 89^{+0,027} - 89^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{90}^{+0,025}$ $Z_{91}^{+0,032}$ $Z_{92}^{+0,025}$ $Z_{93}^{+0,027}$	$T_{90}^{+0,025}$ $T_{91}^{+0,032}$ $T_{92}^{+0,025}$ $T_{93}^{+0,027}$			$90^{+0,025} - 90^{+0,025} - 90^{+0,025}$ $91^{+0,032} - 91^{+0,032} - 91^{+0,032}$ $92^{+0,025} - 92^{+0,025} - 92^{+0,025}$ $93^{+0,027} - 93^{+0,027} - 93^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{94}^{+0,025}$ $Z_{95}^{+0,032}$ $Z_{96}^{+0,025}$ $Z_{97}^{+0,027}$	$T_{94}^{+0,025}$ $T_{95}^{+0,032}$ $T_{96}^{+0,025}$ $T_{97}^{+0,027}$			$94^{+0,025} - 94^{+0,025} - 94^{+0,025}$ $95^{+0,032} - 95^{+0,032} - 95^{+0,032}$ $96^{+0,025} - 96^{+0,025} - 96^{+0,025}$ $97^{+0,027} - 97^{+0,027} - 97^{+0,027}$
Положение (3) левая часть 1-9	$Z_{98}^{+0,025}$ $Z_{99}^{+0,032}$ $Z_{100}^{+0,025}$ $Z_{101}^{+0,027}$	$T_{98}^{+0,025}$ $T_{99}^{+0,032}$ $T_{100}^{+0,025}$ $T_{101}^{+0,027}$			$98^{+0,025} - 98^{+0,025} - 98^{+0,025}$ $99^{+0,032} - 99^{+0,032} - 99^{+0,032}$ $100^{+0,025} - 100^{+0,025} - 100^{+0,025}$ $101^{+0,027} - 101^{+0,027} - 101^{+0,027}$

Рисунок 2.3 – Схема линейных размеров

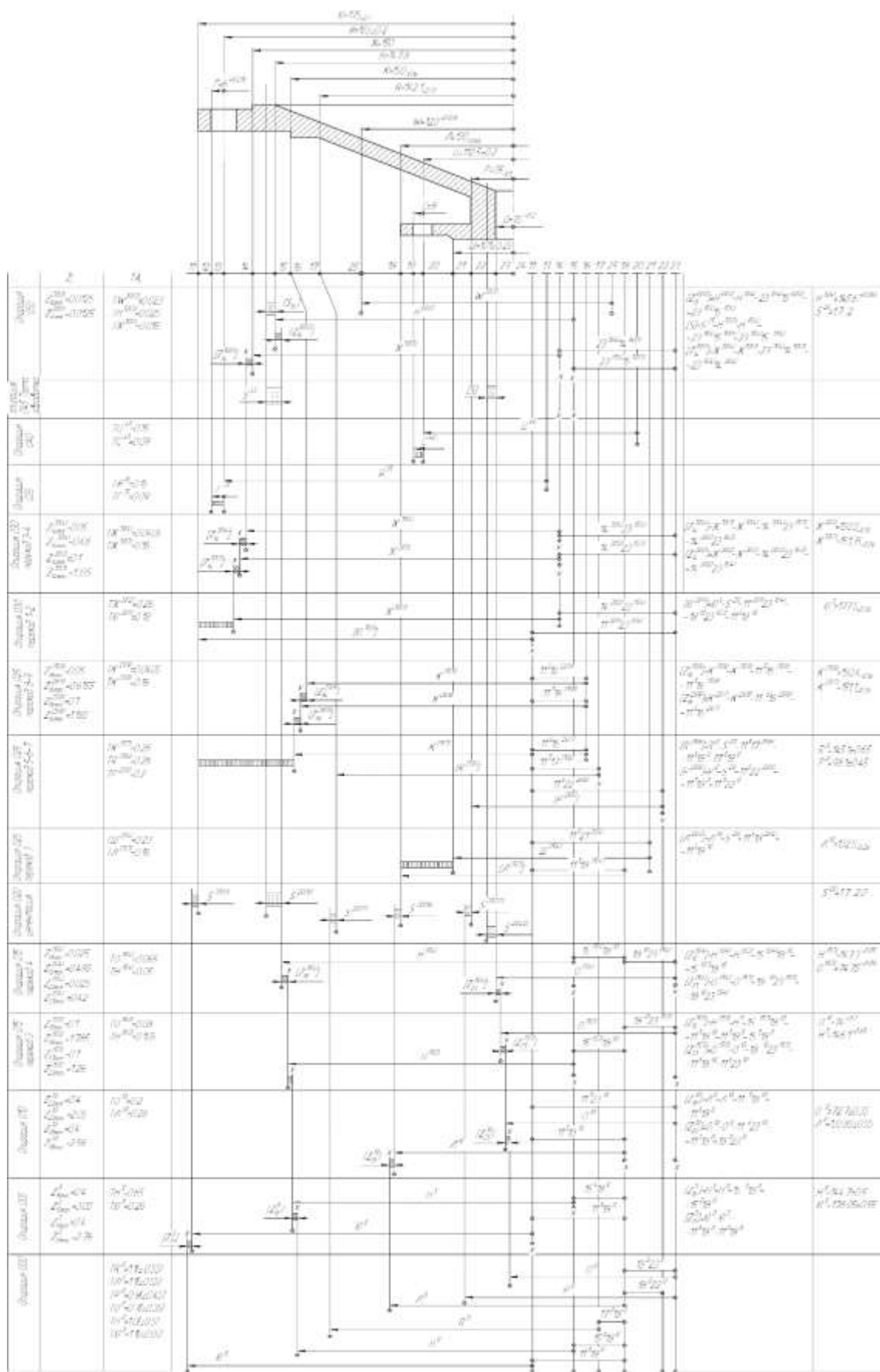


Рисунок 2.4 – Схема диаметральных размеров

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проектирование приспособления для контроля радиального биения

3.1.1 Конструкция приспособления

Приспособление предназначено для контроля биения конусной поверхности детали относительно поверхности $\varnothing 300$ (рисунок 3.1). Деталь устанавливается на вращающуюся оправку 4 под углом 60 градусов, так чтобы контролируемая поверхность заняла вертикальное положение. На оправке 4 деталь центрируется и закрепляется. Во внутреннюю конусную полость детали вводится рычаг 3, связанный через шток 5, с индикатором 1. При вращении оправки с деталью рычаг, касающийся контролируемой поверхности, передает биение поверхности на индикатор 1. По отклонению стрелки индикатора определяется величина биения (рисунок 3.2).

На корпусе 23 во втулке 24 на упорных подшипниках установлена оправка 22. От вертикального перемещения оправка удерживается гайкой 20. В нижней части корпуса 23 установлен пневмопривод, состоящий из корпуса 21, диафрагмы 16, крышки 15 и штока 17. Шток через винт 9 связан с мембраной 11. Мембрана в свою очередь установлена на оправке 22. Деталь по базирующей поверхности 300 устанавливается на мембрану.

Центрирование и закрепление детали производится при подаче давления воздуха в верхнюю полость пневмоцилиндра. При движении штока 17 вниз под его действием мембрана прогибается и закрепляет деталь. После этого в полость детали вводится корпус 5, с установленным в нем рычагом 25 и штоком 4. Верхний конец штока касается ножки индекса 42, установленного в корпусе. Корпус 5 установлен на державке 6, державка закрепляется на скалке 3 при помощи винта 28. Державка от поворота удерживается винтом 27. Цилиндрический конец, которого входит в паз скалки. Для контроля поверхности по всей длине державка перемещается вручную в вертикальном направлении по скалке. Положение скалки определяется штифтом 40, входящим в торцевой паз стойки 2.

3.1.2 Погрешность измерения

Погрешность измерения составляет квадратичную сумму погрешностей приспособления и погрешности показаний индекса. Погрешность приспособления составит допуск радиального биения поверхности мембраны, которая составит ± 0.05 мм и допуск параллельности штока 4 относительно оси скалки, которая составит ± 0.05 мм. Погрешность показаний индекса составляет ± 0.006 мм на участке шкалы.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

3.2 Проектирование приспособления для сверления

3.2.1 Схема базирования

Приспособление сверлильное (рисунок 3.2). Деталь базируется по наружной цилиндрической поверхности (рисунок 3.4) две опорные точки и по торцу три опорные точки.

Приспособление предназначено для установки и закрепления детали при сверлении восьми отверстий $\text{Ø}18$.

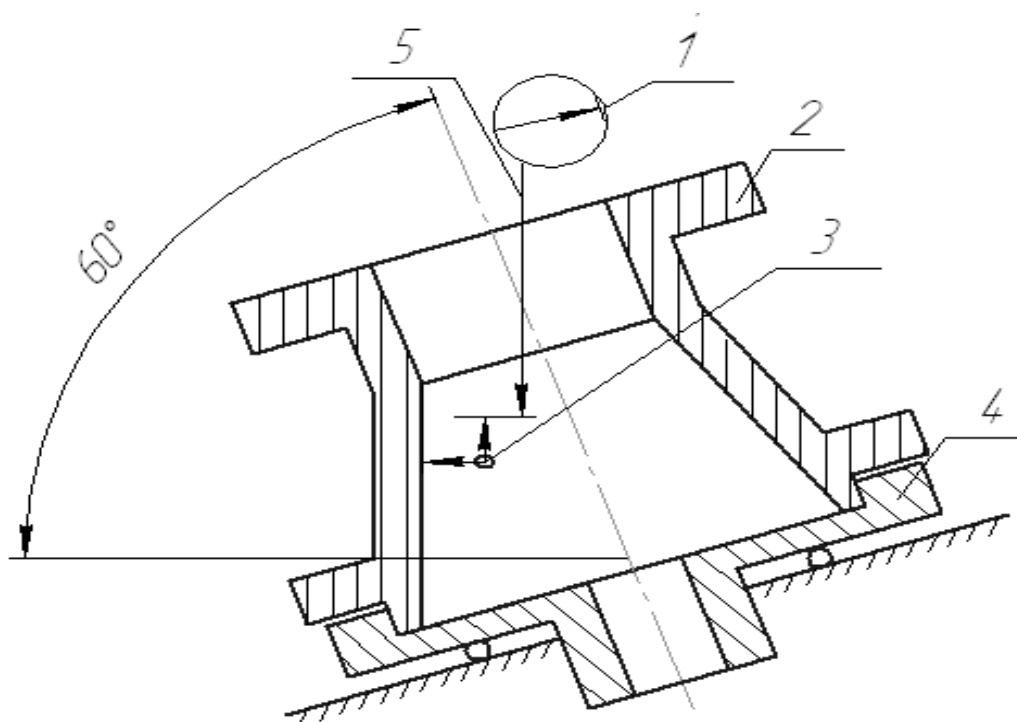


Рисунок 3.2 – Схема измерения:
1-индикатор, 2-деталь, 3-рычаг, 4-оправка, 5-шток

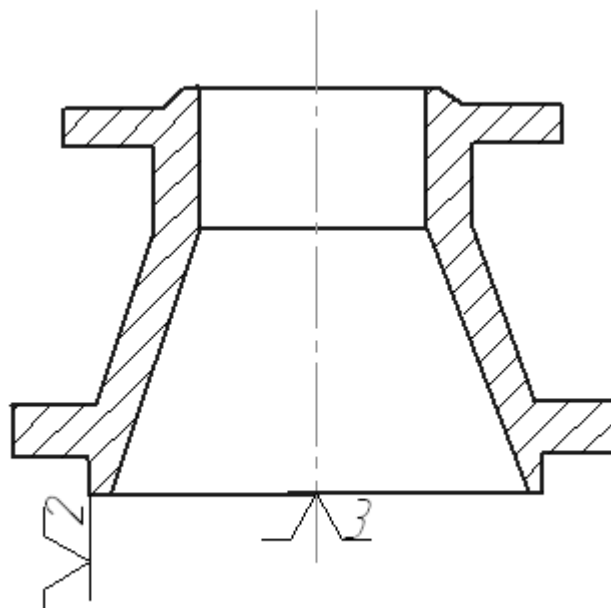


Рисунок 3.4 – Схема базирования

3.2.2 Погрешность базирования

Деталь по наружной цилиндрической поверхности устанавливается в самоцентрирующий мембранный патрон. Погрешность базирования в таком патроне равна нулю.

3.2.3 Определение необходимой силы зажима

Режим резания: подача $S = 0.1$ мм/об, $t = 9$ мм. При сверлении отверстий возникает момент сил сопротивления резанию M , который стремится повернуть деталь вокруг своей оси. Повороту детали препятствует момент трения $M_{тр}$ возникающий от приложения усилия зажима Q .

$$M_{ср} = C_M \cdot D^2 \cdot S^{y_M} \cdot k_M,$$

где $C_{ср} = 0.035$;

$y_M = 0.8$;

$k_M = 0.7$ – для стали

$$M_{ср}^1 = 0,0345 \cdot 18^2 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 0,7 = 0,78 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

Для восьми сверл:

$$M_{ср} = M_{ср}^1 \cdot 8 = 780 \cdot 8 = 6240 \text{ кгс} \cdot \text{мм}.$$

Деталь будет находится в равновесии если будет соблюдено условие:

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$M_{тр} \geq M_{ср},$$

где $M_{тр}$ - момент трения, возникающий при приложении усилия зажима Q .

$$M_{тр} = Q \cdot R \cdot f \geq M_{ср}.$$

Отсюда требуется сила зажима

$$Q = \frac{M_{ср}}{R \cdot f} = \frac{6240}{150 \cdot 0,1} = 416 \text{ кгс},$$

где $f=0,1$ - коэффициент трения;
 $R=150$ - радиус трения.

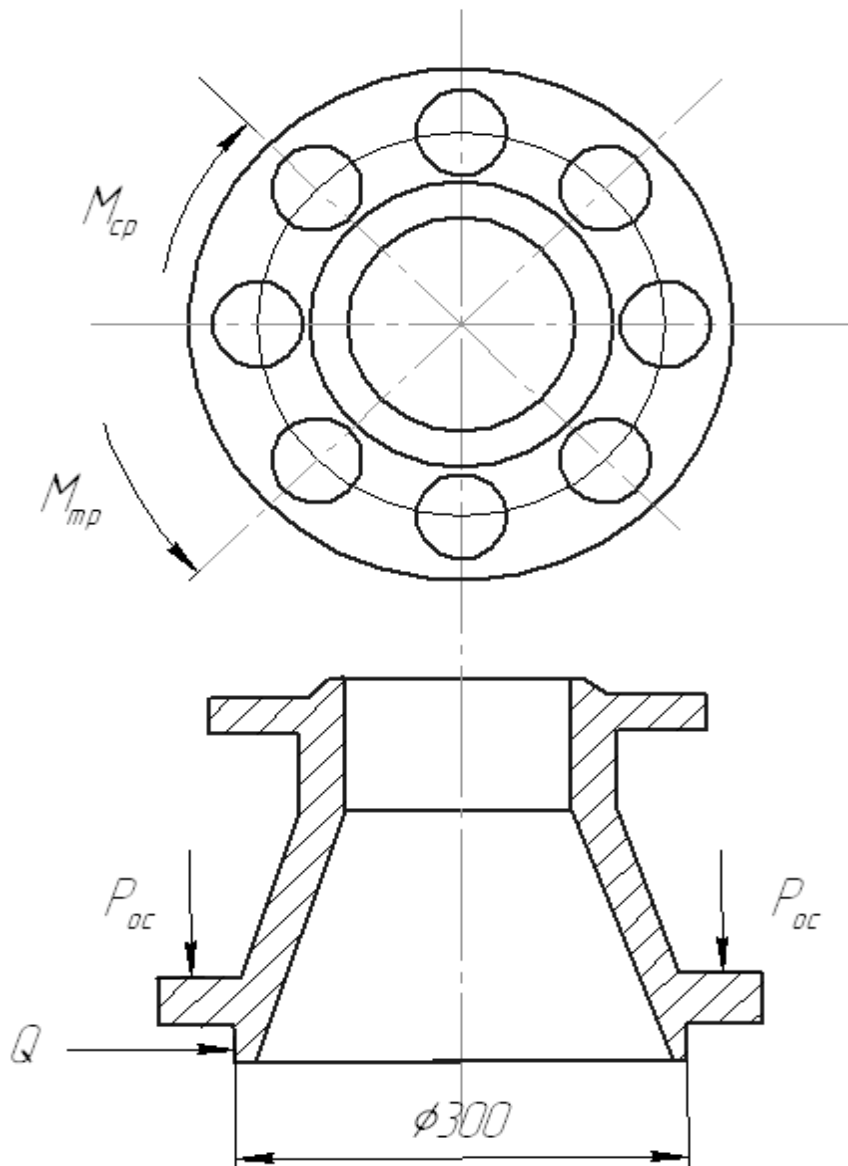


Рисунок 3.5 – Схема сил зажима

3.2.4 Конструкция приспособления

На корпусе 1 установлена оправка 4, в которую помещена мембрана 5, соединённая с помощью винта 6 со штоком 10 пневмопривода. Пневмопривод, встроен в нижней части корпуса. На корпусе в стойках 2 помещены две скалки 3, которые служат для направления сверлильной головки. Деталь по поверхности 300 устанавливается на мембрану 5. При подаче давления воздуха через штуцер 8 в верхнюю полость пневмокамеры шток 10 опускается вниз, при этом мембрана так же движется в низ и закрепляет деталь. Шпонки 7 служат для правильной установки приспособления на столе станка.

3.2.5 Усилие зажима в приспособлении

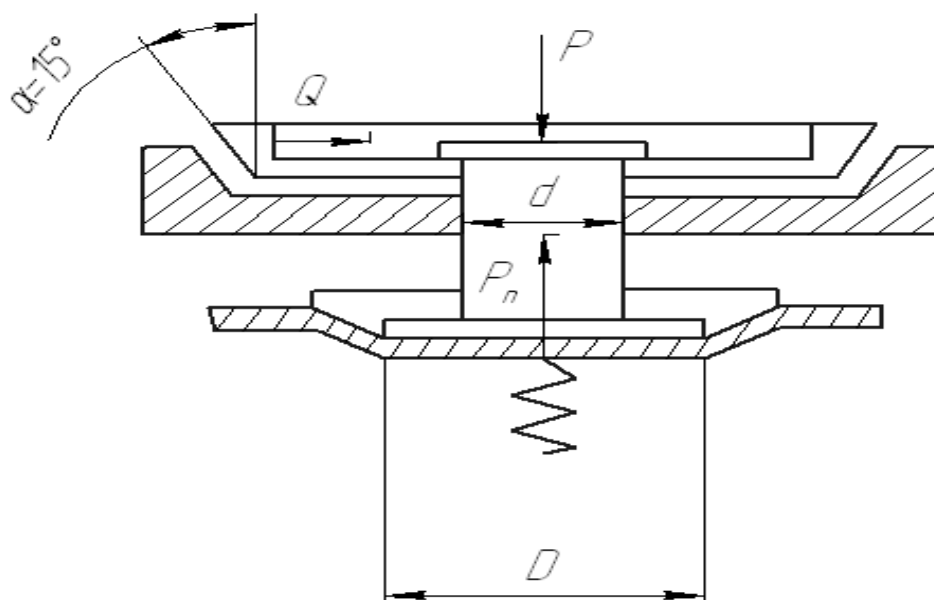


Рисунок 3.6 – Схема напряжений

где $d=4$ см- диаметр штока

$D=13$ см, диаметр опорной части штока

При давлении воздуха $p=0.4$ МПа=4 кг/см² усилие P на штоке

Усилие Q зажима

$$Q = \frac{P}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = \frac{480}{\operatorname{tg}(15^\circ + 10^\circ)} = 1030 \text{ кгс},$$

где $\alpha=15^\circ$ - угол цанги

$\varphi=10^\circ$ - угол трения

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

3.3 Проектирование восьмишпиндельной сверлильной головки

3.3.1 Расчет восьмишпиндельной сверлильной головки

Режим резания при сверлении $D=1$

- диаметр отверстий – $\varnothing 18$ мм
- глубина резания $t=9$ мм
- частота вращения инструмента $n=200$ об/мин

1. Определение модуля зубчатых колес.

При сверлении отверстия возникает момент сопротивления резанию M_{cp} . Для заданных условий обработки момент сопротивления

$$M_{cp} = C_M \cdot D^{Z_M} \cdot S_0^{y_M} \cdot k_M,$$

где $C_M = 0,0345$;

$Z_M = 2$;

$y_M = 0,75$;

$k_M = 0,7$ – для стали 25Л

$$M_{cp} = 0,0345 \cdot 18^2 \cdot 0,1 \cdot 0,7 = 0,78 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 780 \text{ кгс} \cdot \text{мм}.$$

Момент сил сопротивления определяется окружной силой P_Z , которая равна:

$$P_Z = \frac{M_{cp} \cdot 2}{D} = \frac{780 \cdot 2}{18} = 86 \text{ кгс} = 860 \text{ Н}.$$

Принимаем модуль зубчатых колес $m=2,5$;

Число зубьев ведомых колес $Z_2=30$

Число зубьев ведущих колес $Z_1=60$

Делительные диаметры

$$d_{d1} = m \cdot Z_1 = 2,5 \cdot 60 = 150 \text{ мм},$$

$$d_{d2} = m \cdot Z_2 = 75 \text{ мм}.$$

Межцентровое расстояние

$$A = \frac{d_{d1} + d_{d2}}{2} = \frac{150 + 75}{2} = 112,5 \text{ мм}.$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

3.3.2 Проверка прочности зубьев колес

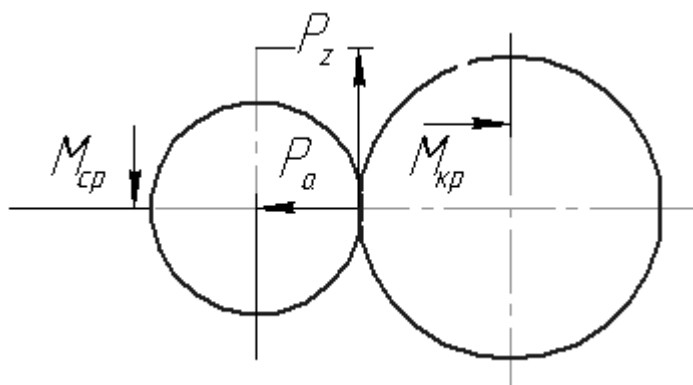


Рисунок 3.7 – Схема зубчатого зацепления

При действии силы P_Z в зацеплении зубьев колес возникают напряжения изгиба. Материал колес – сталь 45 $\sigma_B=650$ МПа. Допускаемое напряжение для материала колес

$$[\sigma_U] = 200 \text{ МПа.}$$

Напряжение изгиба при действии усилия P_Z

$$\sigma_F = \frac{P_Z \cdot k_F \cdot y_F}{b \cdot m},$$

где $k_F=1,25$ – коэффициент нагрузки

$y_F=3,6$ – коэффициент прочности зуба

$b=25$ мм – ширина колес

$m=2,5$ – модуль зацепления

3.3.3 Проверка прочности шпоночных соединений

Проверяется прочность шпоночного соединения на ведущем валу. Материал шпонок – сталь 45.

Напряжение смятия и условие прочности

$$\sigma_F = \frac{P_Z \cdot k_F \cdot y_F}{b \cdot m}.$$

Допускаемое напряжение смятия

$$\sigma_F = \frac{860 \cdot 1,25 \cdot 3,6}{25 \cdot 2,5} = 62 \text{ МПа.}$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Крутящий момент на валу

$$M_{кр} = M_{ср} \cdot n = 7800 \cdot 8 = 62400 .$$

Шпонка призматическая со скругленными торцами. Размеры шпонки $14 \times 9 \times 30$, $t_1=4$ мм, $d=40$ – диаметр вала.

Напряжение смятия

$$\sigma = \frac{2 \cdot 62400}{40(9-4)(30-4)} = 39 \text{ МПа} .$$

Условие прочности выполнено

$$\sigma \leq [\sigma] .$$

3.3.4 Конструкция головки

В корпусе 3, на подшипниках, размещены 8 шпинделей 1. Шпиндели соединены через шпонки 20 с зубчатыми колесами 9. Вращение колесам 9 и шпинделям 1 передается от ведущего зубчатого колеса 10. Колесо 10 соединено с ведущим валом 8. Верхний конец вала выполнен в виде конуса Морзе №4, который входит в конус шпинделя станка. Головка при работе передвигается по направляющим, которые входят во втулки 4. Головка при помощи хомута 7 закрепляется на пиноле станка.

3.3.5 Кинематическая схема головки (рисунок 3.8).

Z_1 - ведущее колесо

Z_2 - ведомое колесо

Межцентровое расстояние $A=112.5$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

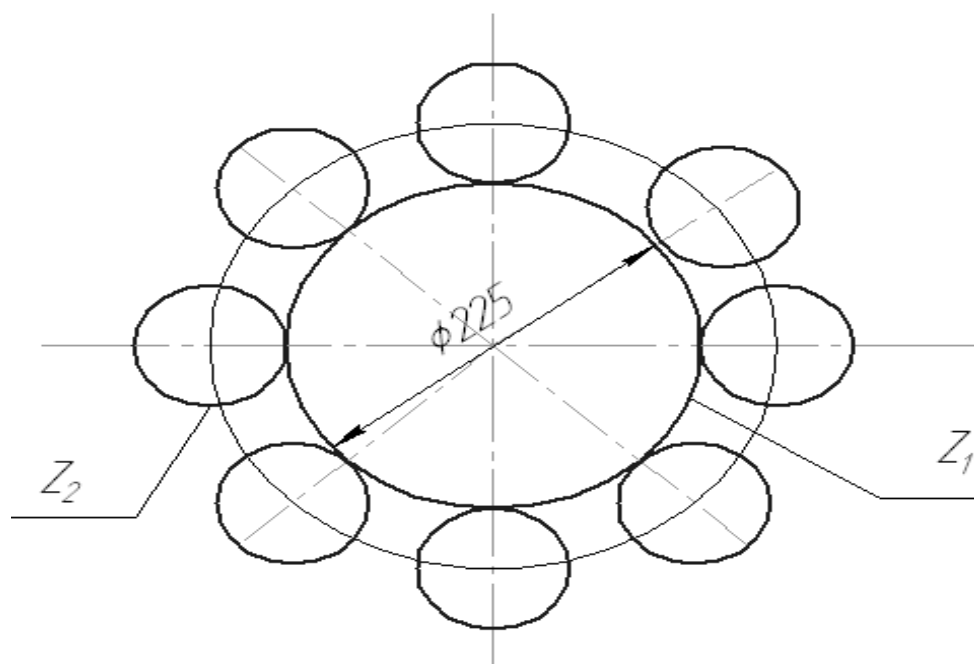


Рисунок 3.8 – Кинематическая схема

3.4 Проектирование стенда для испытания на прочность и герметичность

3.4.1 Назначение стенда

Стенд предназначен для автоматизации процесса испытаний на прочность и герметичность полости детали воздушным давлением. Наибольшее давление воздуха при испытании - 0,45 МПа.

Испытание проводится методом «аквариума», то есть погружение детали в водную среду. При погружении детали в воду, заливаемую в ванну, в её полость подаётся давление воздуха. Контроль прочности стенок детали и герметичность производятся визуально или по падению испытываемого давления, фиксирующего по контрольно-измерительной аппаратуре.

На стенде автоматизирован процесс подачи деталей в зону испытаний, погружение в воду, возврат в исходное положение и удаление деталей из зоны испытаний.

3.4.2 Описание стенда

Стенд состоит из основания 1, на металлоконструкции которого, на верхней части, выполнены направляющие для транспортировки детали в зону испытаний. В основании встроены: манипулятор 3 для закрепления и заглушения детали; ванна 2, заполненная водой и на правом конце установлен толкатель 4 для транспортировки деталей.

Толкатель представляет собой гидроцилиндр, шток которого при движении под давлением перемещает детали по направляющим основания.

						15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			63

Основание манипулятора, на которое устанавливается деталь, соединяется со штоком гидроцилиндра, установленного вертикально. За счёт штока вертикального цилиндра основание манипулятора вместе с деталью совершает вертикальное возвратно-поступательное движение, опускать или поднимать деталь из ванны.

Цикл работы стенда заключается в следующем:

В исходном положении шток толкателя находится в крайнем правом положении. Деталь перед штоком устанавливается на направляющие основания. При подаче давления в цилиндр толкателя шток при движении влево перемещает деталь по направляющим на шаг равным наибольшему диаметру детали, то есть на 350 мм. При возврате штока в исходное положение освобождается место для последующей детали. При прямом ходе штока уже две детали перемещаются по направляющим основания. Так последовательно детали устанавливаются на манипулятор. Деталь на манипуляторе предварительно закрепляется прижимом гидроцилиндра. В вертикальном цилиндре манипулятора при закреплении детали создано давление усилием которого основание манипулятора вместе с деталью находится на уровне плоскости направляющих.

После закрепления детали, давление в вертикальном цилиндре сбрасывается, и шток под силой тяжести основания манипулятора вместе с деталью опускается вниз до крайнего нижнего положения. Таким образом, деталь устанавливается в ванну с водой. После этого в полость детали подаётся требуемое давление воздуха. После испытаний шток вертикального цилиндра поднимает деталь в верхнее исходное положение, где деталь освобождается от закрепления. Затем толкатель передвигает детали, находящиеся на направляющих, на шаг и последующая деталь поступает в зону действия манипулятора. Цикл повторяется.

Детали, прошедшие испытания, после манипулятора последовательно передвигаются по направляющим и по наклонному лотку под собственным весом устанавливаются в тару или транспортное устройство. Детали, подлежащие испытаниям, маркируются порядковыми номерами.

Не выдержавшая испытания деталь по номеру фиксируется и при дальнейшей транспортировке удаляется.

Для устойчивого положения манипулятора и ограничения поворота основания манипулятора с деталью служат две сколки 5, установленные на основании 1 и укрепленные болтами 6.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Выводы по разделу три:

В данном разделе была проделана следующая работа: спроектировано контрольное приспособление для замера радиального биения конусной поверхности относительно Ø300, спроектировано зажимное приспособление для сверления 8 отверстий Ø18, разработана восьмишпиндельная сверлильная головка, спроектирован стенд для испытания на прочность и герметичность.

Контрольное приспособление позволит быстро и точно установить деталь и произвести необходимый замер биения. Зажимное приспособление позволит точно и быстро крепить заготовку без дополнительной выверки. Восьмишпиндельная сверлильная головка сократит время на сверление отверстий и обеспечит необходимую точность. Испытательный стенд и манипулятор обеспечат быстрое и надёжное испытание деталей без вмешательства человека.

										15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							65

4 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА

Исходными данными для разработки плана расположения оборудования и рабочих мест является машинный расчет экономики дипломного проекта (приложение А) и технологический маршрут обработки детали. Эти данные приведены в таблице 4.1.

Деталь представитель – Корпус;

Масса детали – 18 кг

Масса заготовки – 25 кг

Годовая программа выпуска, $N_{год}$ – 2000 шт.

Годовой приведенный выпуск, $N_{пр}$ – 5000 шт.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Номер операции	Наименование операции	Модель станка	Нормы времени, мин		
			T_o	T_B	$T_{шт}$
005	Токарная с ЧПУ	16К30Ф3С5	25,12	6,46	36,40
025	Токарная с ЧПУ	СТП220-АП	9,60	2,82	14,30
040	Сверлильная	2А135	2,43	1,94	4,90
055	Слесарная	верстак	2,03	0,93	2,64

4.1. Разработка планировки и описание работы участка механической обработки

4.1.1 Определение количества оборудования и работающих

При выборе состава технологического оборудования современных цехов механосборочного производства, необходимо учитывать следующие основные тенденции: интенсификацию технологических процессов; повышения качества обработки деталей и сборки машин; комплексную автоматизацию производственных процессов; повышение производительности труда и рентабельности производства.

Данные расчета количества потребного оборудования приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Расчет количества потребного оборудования

Номер операции	Модель станка	Нпр, шт.	T _{шт.} , мин	S _{расч.} , шт.	S _{пр.} , шт.	Кз
005	16К30Ф3С5	5000	37,44	7,77	8	0,971
025	СТП220-АП		15,98	3,32	4	0,829
040	2А170		5,50	1,14	2	0,571
055	верстак		3,60	0,75	1	0,747
Итого:				12,98	15	0,865

Число станочников определяем по числу станков участка с учетом размещения оборудования и анализа условий многостаночного обслуживания.

Основное условие для использования многостаночного обслуживания заключается в том, чтобы за время автоматической работы одного станка рабочий мог выполнить работу по обслуживанию других станков.

Число станочников рассчитано в компьютерном расчете экономического раздела (приложение А) и приведены в таблице 4.3:

Таблица 4.3 – Расчет численности рабочих

Номер операции	Sp, шт.	Профессия рабочих	Тар. Раз.	Тшк, мин	Sm, шт.	Rp рас, чел.	Количество рабочих
							Всего Rp
005	15	Оператор	4	37,44	2	8,39	8
025		Оператор	4	15,98	2	3,58	4
040		Сверловщик	3	5,50	1	2,46	3
055		Слесарь	2	3,60	1	1,61	2

Общее число станочников работающих в две смены Robщ = 17 чел.

4.1.2 Выбор типов и определение количества транспортных средств

Межоперационное транспортирование деталей в данном случае вес обрабатываемой детали 18 кг и при наибольшем размере 350 мм, деталь – «Корпус» может осуществляться электротележками [17, 18, 19].

Изготовленные на механическом участке детали предварительно укладываются в межоперационную тару, а затем на складе готовой продукции участка в контейнеры весом 400 кг. Контейнеры транспортируются краном на склад сборочного цеха или на склад завода.

Потребное количество электротележек определяется по формуле

$$T = Q \cdot I / (q \cdot 60 \cdot \Phi_s \cdot m \cdot K_1) \cdot (l_{cp} / V_{cp} + t_z + t_p),$$

где $Q = 5000$ – годовой грузопоток деталей (заготовок);

$q = 0,6$ – заполнение электротележки за один рейс;

$I = 2$ – количество транспортных операций за один рейс (туда и обратно);

$\Phi_n = 2070$ – номинальный годовой фонд времени работы электротележки в одну смену;

$K_1 = 0,85$ – коэффициент, учитывающий простой электротележки;

$l_{cp} = 50$ м – средний пробег электротележки за один рейс туда и обратно;

$V_{cp} = 10$ м/мин – средняя скорость электротележки;

$m = 2$ – количество рабочих смен в сутки;

$t_p, t_z = 10$ мин. – время одной загрузки и одной разгрузки тележки.

$$T = (50000 \cdot 2) / (0,6 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 2 \cdot 0,8) \cdot (60 / 0,7 + 10 + 10) = 0,029.$$

Принимаем $T=1$.

Выбор и определение потребного количества мостовых кранов

Потребное количество кранов определяют по формуле:

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \cdot \frac{(\frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_z + t_p)}{\Phi_n \cdot K_i},$$

где D – количество перевезенных грузов (контейнеров с деталями) определяется по формуле а годовую программу выпуска N деталей.

$$D = \frac{N \cdot G_i}{G_k},$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

где $G_i = 18$ кг – вес одной детали;
 $G_k = 400$ кг – вес контейнера с деталями;
 $m = 2$ – количество рабочих смен в сутки;
 $\Phi = 240$ – количество рабочих дней в году;
 i – количество крановых операций на один перевезенный груз;
 $l_{cp} = 40$ м – средняя длина пути на одну крановую операцию;
 $V_{cp} = 0,5$ км/ч – средняя скорость движения крана;
 $t_z, t_p = 2$ мин. время на одну загрузку и одну разгрузку;
 $\Phi_n = 480$ мин. номинальный фонд работы крана;
 $K_i = 0,85$ – коэффициент, учитывающий простой крана.

$$D = \frac{50000 \cdot 18}{400} = 2250 ,$$

$$K = \frac{2250 \cdot 1}{240 \cdot 2} \cdot \frac{\left(\frac{40}{0,5} + 2 + 2\right)}{480 \cdot 0,85} = 0,27 \text{ шт.}$$

На проектируемом участке достаточно одного крана. Коэффициент загрузки крана $K_{зкр}$ по времени определяется по формуле:

$$K_{зкр} = \frac{K}{K_n} ,$$

$$K_{зкр} = \frac{0,27}{1} = 0,27 .$$

4.1.3 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

При большом объеме выпуска изделий целесообразно, чтобы склады металла находились при соответствующих цехах – потребителях. Цеховой склад заготовок предназначен для обеспечения бесперебойного снабжения станков и поточных линий материалами и заготовками.

Площадь цехового склада материалов и заготовок определяются по формуле:

$$F_{сз} = Q \cdot t / (260 \cdot q \cdot K_i),$$

где Q – масса заготовок годового объема выпуска, $Q = 1250$ т;
 q – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр, $q = 7$ кН/м²;
 t – среднее количество рабочих дней, в течении которых заготовки хранятся на складе до поступления на обработку, $t = 6$ дней;

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Ки – коэффициент использования площади, Ки = 0,3

$$F_{сз} = 1250 \cdot 6 / (260 \cdot 7 \cdot 0,3) = 13,7 \text{ м}^2.$$

Принимаем $F_{сз} = 14 \text{ м}^2$.

Местом накопления и хранения окончательно обработанных деталей, ожидающих поступления на сборку, является промежуточный склад. Потребную площадь для промежуточного склада рассчитывают по формуле:

$$F_{сд} = Q \cdot t_1 / (260 \cdot q_1 \cdot K_i),$$

где Q – масса деталей годового объема выпуска, Q = 900 т;

q1 – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр, q1 = 6 кН/м²;

t1 – число рабочих дней запаса, t1 = 12 суток;

Ки – коэффициент использования площади, Ки = 0,25

$$F_{сд} = 900 \cdot 12 / 260 \cdot 6 \cdot 0,25 = 27,6 \text{ м}^2.$$

Принимаем $F_{сд} = 27,5 \text{ м}^2$.

4.1.4 Выбор способа транспортирования стружки

В результате механической обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки, которое можно определить как разность масс заготовки и детали из расчета годового объема выпуска. При укрупненных расчетах массу стружки можно принимать равной 10...15% массы готовых деталей. Для облегчения транспортирования длина стружки должна быть не более 200 мм, а диаметр спирального витка - не более 25...30 мм.

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки, образованного на 1 м² цеха. Существует три системы уборки стружки от станков: М – механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации; К – комбинированная, когда предусматривают линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера; А – автоматизированная с применением средств непрерывного транспорта.

Площадь участка определяется по формуле:

$$F = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3,$$

где n1, n2, n3 – количество станков соответственно мелких, средних и крупных,

n1 = 2 шт.,

n2 = 4 шт.,

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$n_3 = 8$ шт.

q_1, q_2, q_3 – удельная площадь, приходящая соответственно на один мелкий, средний и крупный станок,

$$q_1=12 \text{ м}^2, q_2=20 \text{ м}^2, q_3=40 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{расч}}= 2 \cdot 12 + 4 \cdot 20 + 8 \cdot 40 = 424 \text{ м}^2.$$

Количество стружки на 1 м² цеха по формуле:

$$Q = (M_3 - M_д) \cdot N_{\text{пр}} / F_{\text{расч}} \cdot 1000,$$

$$Q = (25 - 18) \cdot 50000 / 424 \cdot 1000 = 0,82$$

Так как $Q = 0,82$ принимаем комбинированную систему уборки стружки, на участке предусматриваются линейный пластинчатый конвейер для транспортирования стружки, размещенный в канале глубиной 600 мм, с контейнером для сбора стружки в конце.

4.1.5 Планировка оборудования и определение производственной площади

Планировку оборудования выполняют 1:100 для малых и средних цехов. При планировке оборудования учитывают все факторы, которые оказывают влияние на работающих. Основные из них следующие: доступ к рабочим местам, близость комнат курения и туалетов, хорошее освещение, достаточный обмен воздуха.

Планировка участка, выполненная в соответствии с (рисунком 4.1). После расстановки оборудования получили фактическую площадь: ширина участка

$L = 18$ м, длина участка $L_n = 30$ м. Фактическая площадь определяется по формуле:

$$F = L \cdot L_n,$$

$$F = 18 \cdot 30 = 540 \text{ м}^2.$$

Расчетная площадь равна $F_{\text{расч}} = 424 \text{ м}^2$. Расхождение расчетной площади от фактической в процентном отношении определяем по формуле:

$$\delta = (F - F_{\text{расч}}) / F \cdot 100\%,$$

$$\delta = (540 - 424) / 424 \cdot 100\% = 5,4\%.$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

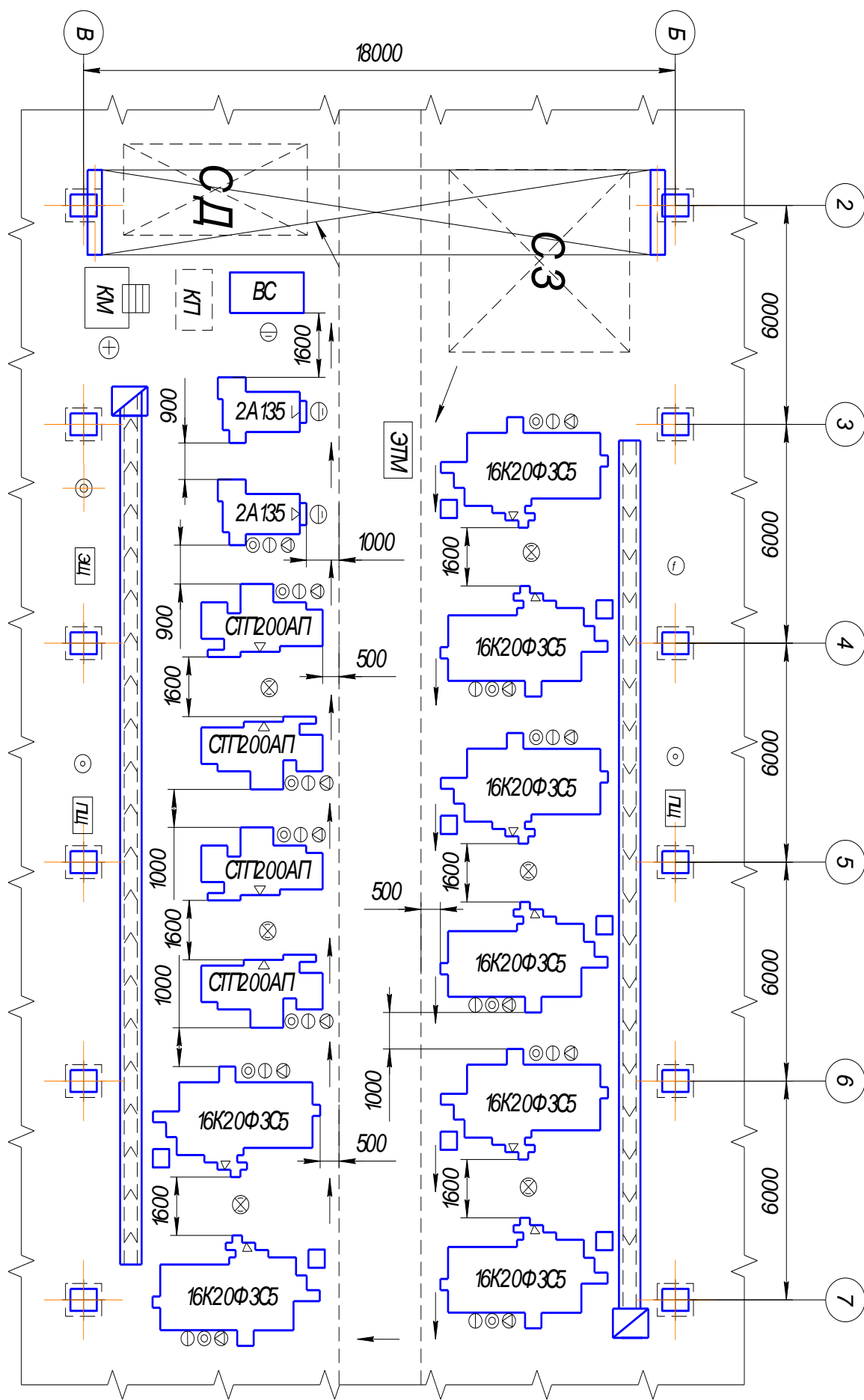


Рисунок 4.1 – Планировка участка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ

Лист

72

4.1.6 Выбор типов, формы и определение размеров здания

Механосборочное производство обычно размещают в зданиях, имеющих один или несколько параллельных пролетов. Основными строительными параметрами такого здания являются:

- а) ширина пролета L – расстояние между продольными осями колонн
- б) шаг колонн t – расстояние между их поперечными осями
- в) высота пролета H – расстояние от уровня пола до нижней части несущей конструкций.

Выбор основных параметров здания определяются технологическим процессом и рациональным размещением производства. Сетку колонн ($L \times t$) и высоту H выбирают из унифицированного ряда величин. Поперечный разрез здания у самого высокого станка изображен в соответствии с рисунком 4.2.

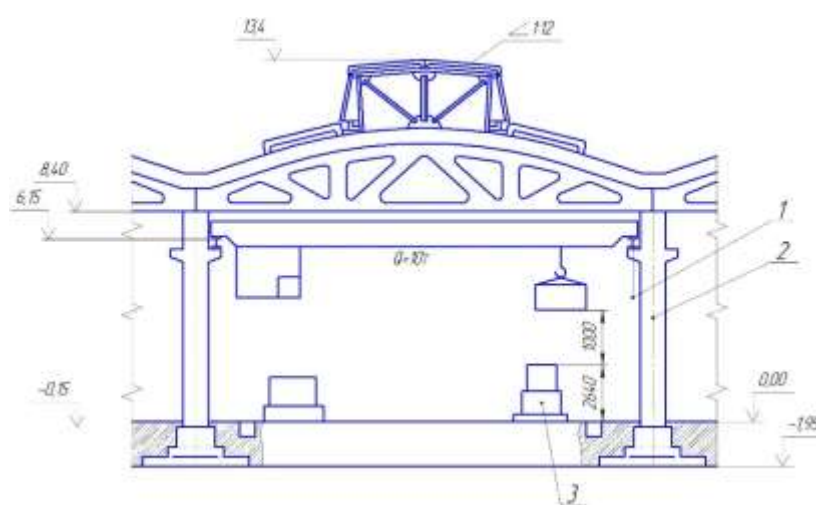


Рисунок 4.2 – Поперечный разрез здания:

1 – ось подкрановых путей; 2 – продольная разбивочная ось; 3 – станок

Исходя из максимальной высоты $h_1 = 2,64$ м оборудования, минимального расстояния $h_2 = 1$ м между оборудованием и перемещаемым грузом, а также высоты транспортируемых грузов $h_3 = 1$ м, крана $h_4 = 1$ м, определяют высоту до головки подкранового рельса H_k по формуле:

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

$$H_k = 2,64 + 1 + 1 + 1 = 5,64 \text{ м}$$

Принимаем $H_k = 6,15$ м. Тогда высота цеха $H = 8,4$ м.

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. При высоте пролетов $8,4 \dots 10,8$ м, оборудованных мостовыми кранами с грузоподъемностью 10 и 20 т, ставят колонны прямоугольного сечения (600×800 мм) серии КЭ-01-49, показанные на рисунке 4.3

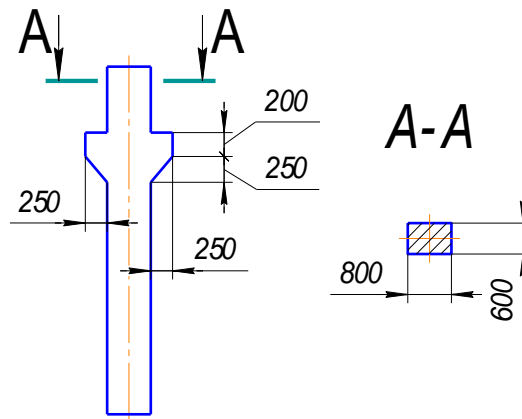


Рисунок 4.3 – Колонна для зданий серии КЭ-01-49

В качестве несущей конструкции производственного здания выбраны сборные железобетонные фермы. Габаритные размеры железобетонных ферм в соответствии с рисунком 4.4.

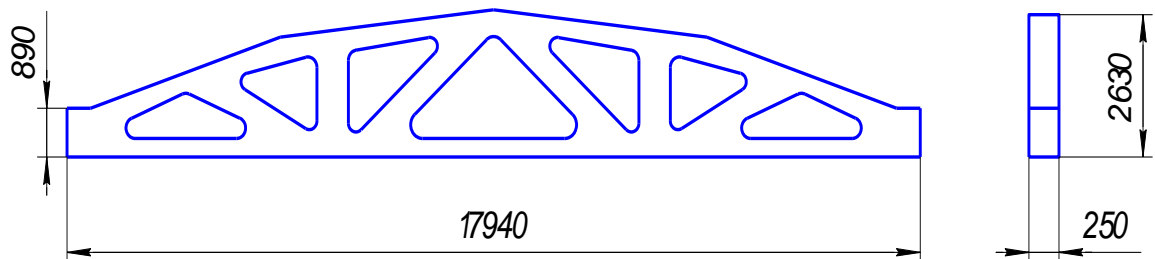


Рисунок 4.4 – Габаритные размеры железобетонных ферм серии 1.463-3

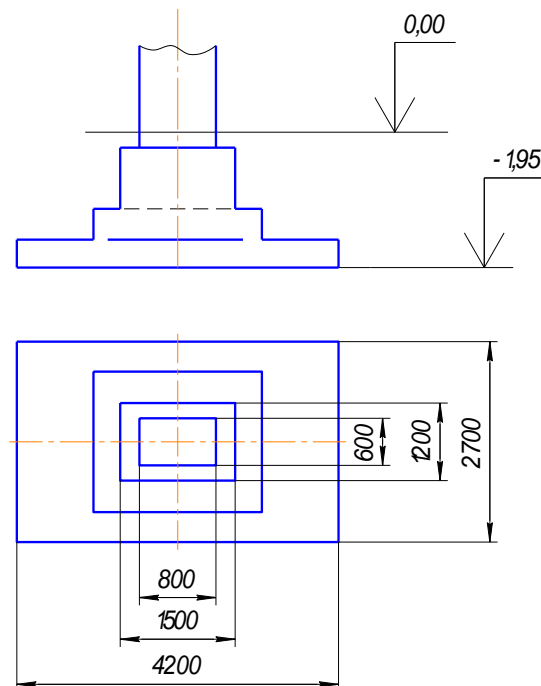


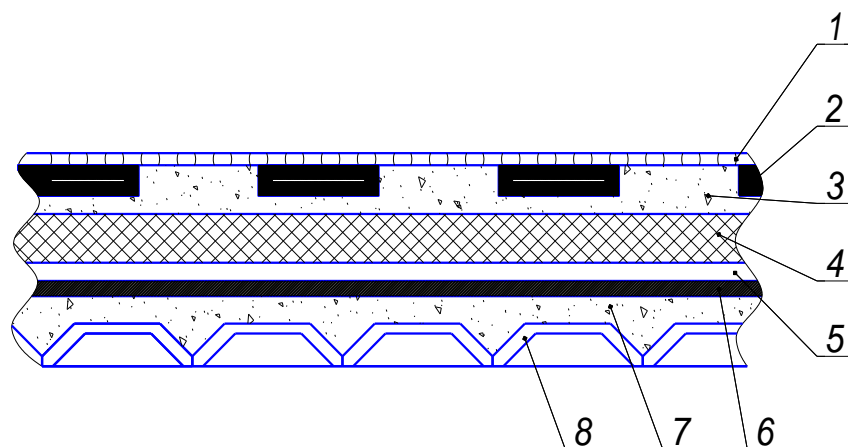
Рисунок 4.5 – Фундамент под колонну серии КЭ-01-49

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Фундаменты под колонны зданий представляют собой отдельно стоящие железобетонные стоящие конструкции, на которые устанавливают также железобетонные фундаментные балки под стены. Выбираем фундамент серии КЭ-01-49. Верхняя плоскость фундамента располагается на 150 мм ниже уровня пола, отметка подошвы фундамента: -1,95 м. Пример выполнения фундамента с размерами приведен на рисунке 4.5.

При оформлении поперечного разреза необходимо выбрать конструкцию пола и кровли.

Кровля является ограждающим покрытием строений и для машиностроительных цехов является утепленной и многослойной. Кровля производственных зданий состоит из сборных настилов, укладываемым по балкам или фермам. Наибольшее распространение получили железобетонные плиты, применяемые как в не отапливаемых, так и в отапливаемых помещениях. Схема конструкции кровли изображена на рисунке 4.6. Несущий настил выполняется из унифицированных железобетонных плит 8. В качестве первого слоя применяется песчано-цементная стяжка 7, она покрывается пароизоляцией 5 из пергаменты или алюминиевых листов по дегтевой или битумной грунтовке 6. Затем укладывается утеплитель (газобетон) 4. Чтобы создать достаточно ровное и жесткое основание для гидроизоляционного ковра накладывают песчано-цементную стяжку 3. Гидроизоляция выполняется из 3, 4 слоев рулонных гидроизоляционных материалов 2. Для улучшения сопротивляемости разрушению битумную грунтовку покрывают слоем светлого гравия 1 с зернами размера 6...10 мм, вдавленного в горячем виде в кровельную мастику с помощью катка.



4.6 – Схема конструкции кровли

Оборудование участка в основном устанавливается непосредственно на полу. Поэтому полы представляют собой многослойную конструкцию, представленную на рисунке 4.7.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

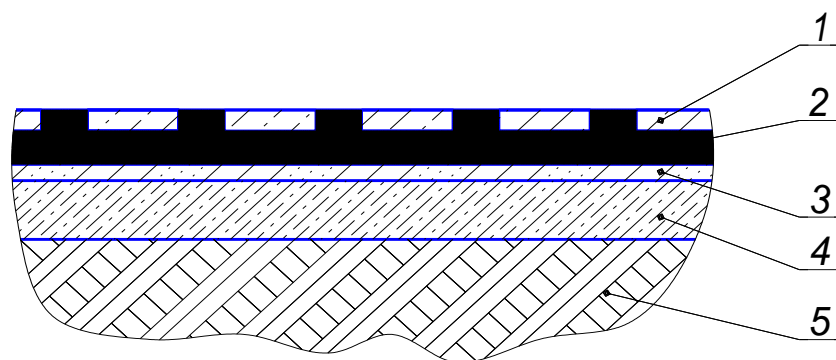


Рисунок 4.7 – Конструкция полов одноэтажного здания

Конструкция пола включает в себя утрамбованный грунт 5, надежную бетонную подготовку 4 толщиной 200...300 мм, песчано-цементную стяжку 3 для выравнивания, слой гидроизоляции 2, а также верхнее покрытие пола, в качестве которого выбираем плитку из мраморной крошки.

Фонари устраивают на кровлях зданий на средних пролетах с целью дополнительного освещения естественным светом и естественной вентиляции. Фонари состоят из несущей части каркаса и ограждений. Применяют фонари шириной 6м. Пример такого фонаря изображен на рисунке 4.8. Высота фонаря Н при ширине 6м составляет для пролета 18 м – 2410мм. Водоотвод наружный.

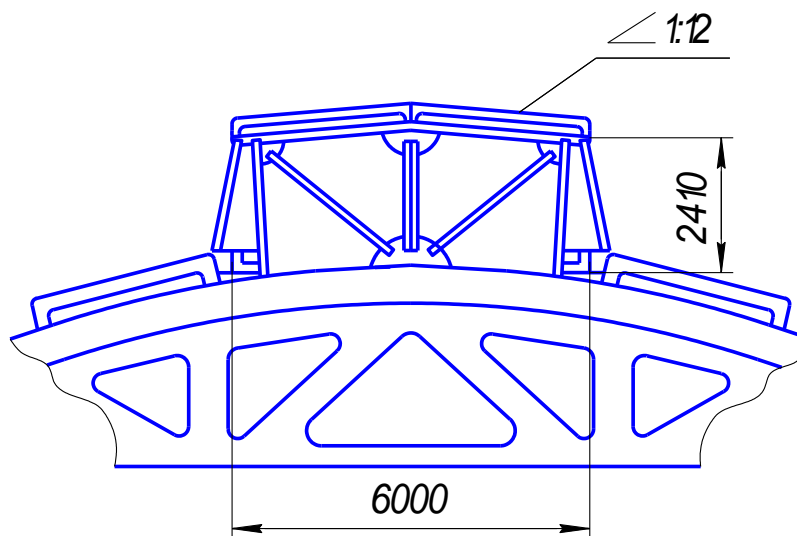


Рисунок 4.8 – Светоаэрационные фонари

Особенно важное значение для повышения производительности труда имеет рациональная планировка и организация рабочего места, при которой устраняются потери времени на лишнее хождение, лишние движения, неудобное положение работающего, неудобное расположение материала, заготовки, инструмента т.д.

Заготовка поступает на токарный станок с ЧПУ 16А20Ф3С32, токарный станок СТП200АП, затем на сверлильный станок 2А135. После обработки попадает на контрольные работы и упаковку.

После того как найдено наиболее удачное положение всех станков данной линии на плане были вычерчены их габариты в масштабе 1:50.

Изображение спроектированного участка представлено в графическом виде.

4.2. Описание мероприятий по охране труда

4.2.1 Идентификация опасностей на производственном участке

Разрабатываемый участок механической обработки детали «Корпус» имеет производственную площадь 540 м², на участке выполняются токарные, фрезерные, сверлильные, расточные и слесарные работы. Оборудование располагается по обеим сторонам от проезда, который проходит через весь участок по центру. По проезду перемещается электротележка. На участке располагаются 14 станков: токарные с ЧПУ модели 16К30Ф3С5 (8шт), токарные с ЧПУ – СТП-220АП (4шт), сверлильные – 2А135 (2шт). Станки относительно проезда размещаются продольно и поперечно. На участке имеются склады заготовок и готовых деталей, кафедра мастера, верстак слесарный, предусмотрены линейные пластинчатые конвейеры для транспортирования стружки. В процессе механической обработки у детали подрезают торцы, обрабатывают наружные и внутренние цилиндрические, конические поверхности, сверлят отверстия. Затем зачищают острые кромки и производят контроль поверхностей.

На, рассматриваемом в дипломной работе, производственном участке присутствуют вредные производственные факторы. К вредным производственным факторам процессов обработки материалов резанием можно отнести физические перегрузки при установке, закреплении и съеме крупногабаритных деталей, перенапряжение зрения, монотонность труда, а также повышенную или пониженную температуру, повышенную влажность, слишком тусклое освещение, повышенный уровень шума и вибрации, поверхностное заземление, содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны при использовании СОЖ.

На производственном участке при механической обработке металлов и других материалов на металлорежущих станках (токарных, сверлильных) присутствуют опасные производственные факторы: движущиеся и вращающиеся части оборудования, стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструментов, повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

произойти замыкание через тело человека — относятся к категории опасных физических факторов.

4.2.2 Производственная санитария

Труд рабочих относится ко IIб категории тяжести труда, то есть это работы средней тяжести связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя, но не связанные с перемещением тяжестей до 10 кг [].

Установление оптимальных параметров микроклимата для помещений проектируемого объекта

Метеоусловия, при которых терморегуляция легко обеспечивается организмом, считаются комфортными. Исходя из этого, осуществляют их нормирование по ГОСТ 12.1.005-88. Нормативные параметры микроклимата в рабочей зоне для IIб категории тяжести труда приведены в таблице 5.1,

Таблица 5.1 – Оптимальные и допустимые метеорологические условия

Период года	Категория работы	Температура оптимальная, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/с
Холодный	II б	17-19	40 - 60	0,2
Тёплый		20-22	40 - 60	0,2 - 0,4

4.2.3 Разработка мероприятий по обеспечению оптимальных параметров микроклимата

К параметрам микроклимата (метеоусловиям) относятся те параметры внешней среды, которые влияют на тепловой баланс организма: температура воздуха, его относительная влажность и скорость движения, а также интенсивность теплового излучения.

Наиболее эффективным мероприятием, обеспечивающим создание нормальных метеорологических условий в рабочей зоне производственного помещения, является применение вентиляции. В производственном помещении цеха устроена искусственная (механическая) и естественная системы вентиляции, при механической вентиляции воздухообмен осуществляется за счёт напора воздуха, создаваемого вентиляторами; воздух в зимнее время подогревается, в летнее – охлаждается и, кроме того, очищается от загрязнений (пыли и вредных паров и газов). Естественная вентиляция в цехе создает необходимый воздухообмен за счет разности плотности теплого и холодного воздуха, находящегося внутри помещения и более холодного снаружи, а также за счет ветра. Приточная система вентиляции производит забор воздуха через воздухозаборное устройство, затем воздух проходит через калорифер, где воздух нагревается и увлажняется и вентилятором подается по

воздухопроводам в помещение через насадки для регулировки притока воздуха. Загрязненный воздух вытесняется через двери, окна, фонари, щели. В холодный период года здание цеха отапливается паровым отоплением, а у входа в здание оборудованы тамбуры и воздушные тепловые завесы.

4.2.4 Нормирование, выбор и расчет системы освещения

Освещение регламентируется санитарными нормами СНиП 23.05–95.

Освещение цеха будет комбинированным (естественное в сочетании с искусственным). Конструктивно естественное освещение тоже будет комбинированным (сочетание верхнего освещения с боковым). Искусственное освещение также будет комбинированным (совокупность местного и общего освещения). Для искусственного освещения будут использоваться лампы накаливания. На данном участке применяются светильники прямого света УПМ.

По нормам СНиП цех находится в III поясе светового климата РФ (Челябинская область). Характеристика зрительной работы в механообрабатывающем цехе очень высокой точности; наименьший или эквивалентный размер объекта от 0,15 до 0,30; II-ой разряд зрительной работы, категория – в; большой контраст объекта с фоном; светлый фон; освещенность при комбинированной системе 2000 лк, в том числе общего освещения – 200 лк; показатель ослепленности $P = 20$; коэффициент пульсации $K_p = 10\%$, $E_n = 500$ лк.

При расчете общего освещения с учетом света, отраженного потолком и стенами, применим метод светового потока. Основное уравнение метода (при расчете минимальной освещенности E_{min}):

$$E_{min} = \frac{\phi \cdot N \cdot U}{100 \cdot S \cdot z \cdot k}, \quad (5.1)$$

где Φ – световой поток каждой из ламп, лм

$k = 1,5$ – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников; его значение выбирается в зависимости от количества выделяемой в помещении пыли;

$S = 540 \text{ м}^2$ – площадь помещения;

$z = 1,15$ – коэффициент неравномерности освещенности, для люминесцентных ламп;

N – число ламп общего освещения в помещении:

$$N = \frac{S}{L^2}, \quad (5.2)$$

L – расстояние между центрами светильников, м.

Обеспечение равномерного распределения освещенности достигается в том случае, если отношение L/H_p расстояния между центрами светильников L к высоте их подвеса над рабочей поверхностью H_p составляет для светильников УПМ – 1,5.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Величина H_p обычно находится в пределах 2,1-3,5 м, принимаем $H_p = 3,5$.

$$L = 1,5 \cdot 3,5 = 5,25 \text{ м.}$$

Принимаем $L = 5,5$ м;

$$N = \frac{540}{30,25} = 17,8 \text{ шт.}$$

Принимаем $N = 18$ шт.

U – коэффициент использования светового потока ламп, % [], т. е. отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп. Зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка R_{Π} ; стен R_C и индекса I формы помещения.

Индекс формы помещения определяется по формуле:

$$I = \frac{a \cdot b}{H_p (a + b)}, \quad (5.3)$$

где H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м;
 a и b – длина и ширина помещения, м.

$$I = \frac{30 \cdot 18}{3,5(30 + 18)} = \frac{540}{168} = 3,2,$$

Следовательно, коэффициент использования светового потока ламп $U = 52$.
Из формулы () находим световой поток:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_{\text{min}} \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot U} \quad (5.4)$$
$$\Phi = \frac{100 \cdot 500 \cdot 540 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{18 \cdot 52} = 57115 \text{ лм}$$

Зная световой поток Φ принимаем лампу модели Г-215-225-1000.
Расположение светильников на участке показано на рисунке 5.1.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

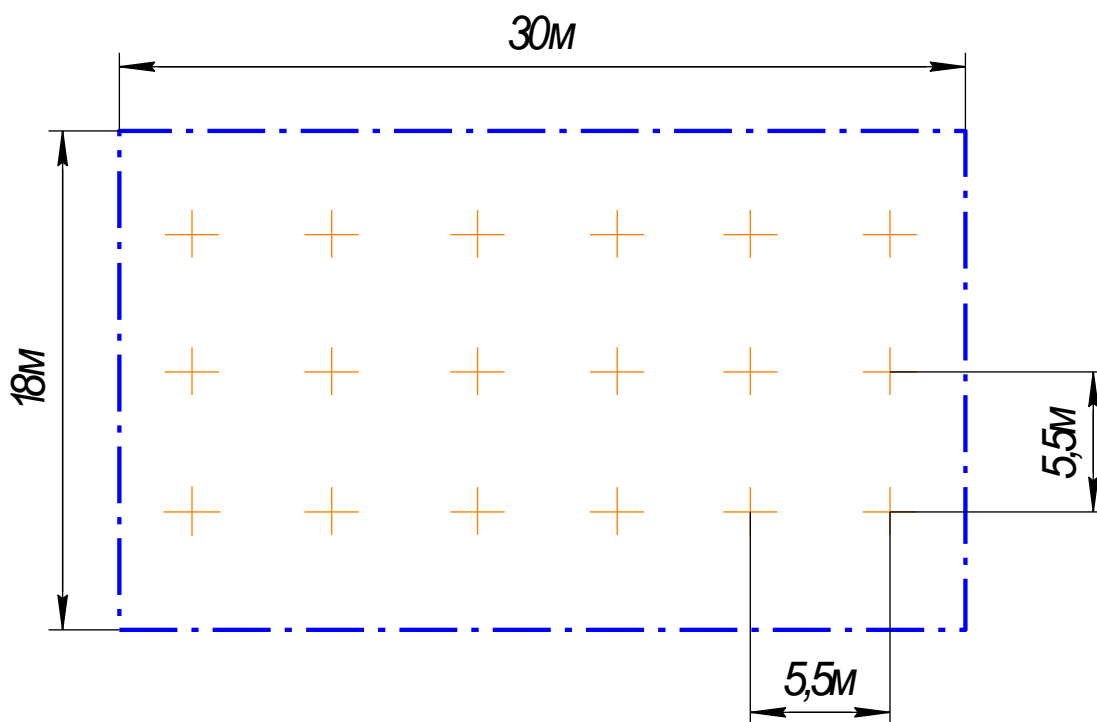


Рисунок 5.1 – Расположение светильников на участке

Для поддержания оптимального искусственного освещения необходимо предусматривать регулярную очистку от загрязнений светильников, своевременную замену отработавшей свой срок службы лампы, контроль напряжений питания осветительной сети.

4.2.5 Техника безопасности

На администрацию предприятия возлагается, во-первых, проведение инструктажа рабочих и служащих по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и другим правилам охраны труда, во-вторых, организацию работы по профессиональному отбору и, в-третьих, осуществление постоянного контроля за соблюдением работниками всех требований инструкций по охране труда [].

Начальник цеха (в масштабах цеха) и мастер производственного участка (непосредственно на рабочих местах) несут ответственность за своевременное и качественное проведение инструктажа.

На рабочих и служащих возлагается также обязанности: соблюдение инструкций по охране труда, установленных требований обращения с машинами и механизмами и пользования средствами индивидуальной защиты. Невыполнение этих обязанностей рабочими и служащими является нарушением трудовой дисциплины. Рабочие и служащие обязаны также соблюдать установленные требования обращения с машинами и механизмами, а также пользоваться выдаваемыми им средствами индивидуальной защиты.

Порядок и виды обучения и проверки знаний по безопасности труда рабочих, служащих, руководителей и специалистов промышленности, распространяемые на предприятие всех форм собственности, установлены ГОСТ 12.0.004-90 «ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общее положение».

Первичный инструктаж на рабочем месте до начала производственной деятельности проводят:

- а) со всеми вновь принятыми на предприятие, переводимыми из одного подразделения в другое;
- б) с работниками, выполняющими новую для них работу, командированными, временными работниками.

Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

Повторный инструктаж проходят все рабочие, независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы не реже одного раза в полугодие.

Внеплановый инструктаж проводят:

- а) при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;
- б) при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- в) при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;
- г) по требованию органов надзора.

Ответственность за организацию своевременного и качественного обучения и проверки знаний возлагается на руководителя предприятия, а в подразделениях – на руководителя подразделения. Обучение безопасности труда при подготовке рабочих, переподготовки, получении второй профессии, повышении квалификации на предприятии организуют работники отдела подготовки кадров или технического обучения.

Основной формой обучения работников по охране труда является проведение инструктажа по безопасности труда: вводного, первичного на рабочем месте, повторного, внепланового, целевого.

4.2.6 Защита от механического травмирования

Для защиты от поражения электрическим, при возможном касании к токоведущим частям и корпусам оборудования все без исключения электрооборудование должно быть заземлено.

Травматизм при работе на токарных станках в основном происходит из-за воздействия стружки, т.е. при удалении стружки со станка, при установке и снятии детали. Для предотвращения травм уборку стружки со станка следует осуществлять металлическим крючком с деревянной ручкой и экраном или щеткой, при

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

уборке станка – следует отключить станок.

Пульт управления станком и ящики управления механизмами должны быть размещены в удобных для работы оператора местах, с которых просматривается зона обработки. Для защиты оператора от выброса продуктов обработки при работе станка, зона обработки закрывается кожухом.

При работе на сверлильном станке наиболее опасной частью является шпиндель. Особенно опасен шпиндель, имеющий шпоночную канавку: вращаясь, он может захватить рукав, волосы, косынку и нанести тяжелые увечья. Шпиндель в опасной зоне следует ограждать. Так как длина этой зоны во время сверления изменяется, ограждение должно быть раздвижным, лучше в виде телескопической трубки.

Для защиты станочников от СОЖ на станках применяются различные приспособления. Подвод жидкости к режущему инструменту устраивается так, чтобы при надобности можно быстро отвести питательную трубку в сторону, к специальному баку. В качестве средства против разбрызгивания охлаждающей жидкости по станку и рабочему месту применяются специальные щитки из небьющегося стекла (для наблюдения работающего за работой режущего инструмента).

В цехе имеется мостовой кран, для обеспечения безопасности в цехе предусмотрена безопасная для прохода зона, окрашенная в серый цвет (ширина прохода не менее 1,5 метра) с белыми полосами по краям (ширина полос 150 мм).

4.2.7 Защита от станков с ЧПУ

Пульт управления станком и ящики управления механизмами должны быть размещены в удобных для работы оператора местах, с которых просматривается зона обработки. Для защиты оператора от выброса продуктов обработки при работе станка, зона обработки закрывается кожухом.

Работы по монтажу, ремонту, обслуживанию электрооборудования должны осуществляться специализированным персоналом и проводиться при отключенном питании.

Запрещается запускать станок в работу в случаях обнаружения при внешнем осмотре неисправностей механизмов, запрещается устранять выявленные в процессе работы неисправности. Оператор обязан остановить станок и вызвать специализированный персонал при обнаружении неполадок в системе управления станком или неправильной работе механизмов. Запрещается также пользоваться при работе неисправными инструментом и принадлежностями станка.

Травматизм при работе на станках токарной группы в основном происходит из-за воздействия стружки, т.е. при удалении стружки со станка, при установке и снятии детали. Во избежании травм, требуется уборку стружки со станка следует осуществлять металлическим крючком с деревянной ручкой и экраном или щеткой, при уборке станка – следует отключить станок.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

4.2.8 Проектирование защитного заземления участка или оборудования

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства $R_{зд}=4$ Ом для напряжения в сети 380В, суммарной мощности электрооборудования на участке 261 кВт и при любом режиме нейтрали.

Расчет защитного заземления.

Определим расчетное удельное сопротивление:

$$\rho = \rho_r \cdot \Psi. \quad (5.6)$$

где ρ_r – удельное сопротивление грунта, грунт – глина $\rho_r = 15$ Ом·м;

Ψ – климатический коэффициент, зависящий от вида грунта и степени влажности, для климатической зоны Южного Урала: $\Psi = 1,5$ – для вертикальных заземлителей,

$$\rho = 15 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ Ом}.$$

Выбор искусственных заземлителей.

Применяем выносное заземляющее устройства с числом заземлителей $n = 2$

В качестве искусственного заземлителя используется труба $d = 40$ мм; $l = 3000$ мм; $t_0 = 500$ мм,

Сопротивление одного заземлителя

$$R_{зо} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (5.7)$$

где $t = 2000$ мм – глубина до середины трубы.

$$R_{зо} = \frac{22,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 2,32 \text{ Ом}.$$

Соединительная полоса $b = 12$ мм; $l = 3000$ мм Сопротивление одной соединительной полосы

$$R_{ш} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t} \quad (5.8)$$

$$R_{по} = \frac{22,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln \frac{2 \cdot (3)^2}{0,012 \cdot 0,506} = 9,5 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление вертикальных электродов:

$$R_{\hat{A}} = \frac{R_{сг}}{n \cdot \eta_{\hat{A}}}. \quad (5.9)$$

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

где η_B – коэффициент использования вертикальных заземлителей $\eta_B = 0,85$

$$R_B = \frac{2,32}{2 \cdot 0,85} = 1,36 \text{ Ом.}$$

Определяется сопротивление соединительной полосы с учетом экранирования

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Pi'}}{\eta_{\Pi}}, \quad (5.10)$$

где $\eta_{\Pi} = 0,85$ – коэффициент использования соединительной полосы,

$$R_{\Pi} = \frac{9,5}{0,85} = 11,17 \text{ Ом}$$

Расчетное сопротивление искусственного заземления

$$R_{ИЗР} = \frac{R_B \cdot R_{\Pi}}{R_B + R_{\Pi}}. \quad (5.11)$$

$$R_{ИЗР} = \frac{1,36 \cdot 11,17}{1,36 + 11,17} = 1,2 \text{ Ом.}$$

Условие $R_{ИЗР} \leq R_{зд}$ выполняется: $1,2 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$, следовательно достаточно 2 заземлителей.

Схема расположения защитного заземления показана в соответствии с рисунком 5.2

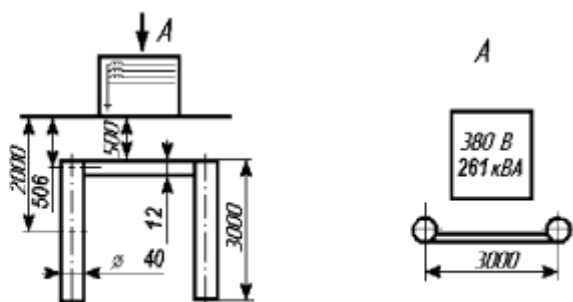


Рисунок 5.2 – Схема расположения защитного заземления

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изготовление деталей типа «Корпус» представляет собой сложную и трудоемкую отрасль производства в машиностроении. Предлагаю использовать станки с ЧПУ, за счет чего обеспечивается снижение вспомогательного времени, повышение точности обработки, приводящее в результате к повышению производительности.

В качестве заготовки принимаем литье.

По предполагаемой технологии приведен размерный анализ, определены припуски и операционные размеры.

Особенно важное значение для повышения производительности труда имеет рациональная планировка и организация рабочего места, при которой устраняются потери времени на лишнее хождение, лишние движения, неудобное положение работающего, неудобное расположение материала, заготовки, инструмента т.д. Мною проведены все необходимые расчеты для разработки плана размещения оборудования.

В дипломном проекте спроектировано станочное сверлильное приспособление с пневматическим зажимом для закрепления детали «Корпус». Приспособление позволяет быстро и надежно закрепить деталь, что сокращает вспомогательное время на установку и снятие детали.

Разработанное измерительное приспособление для контроля радиального биения позволяет произвести точный замер детали, что своевременно предупреждает брак при изготовлении детали.

					15.03.05.2021.394.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Четвириков, С.С. Металлорежущие инструменты /С.С. Четвириков. – М: Высшая школа, 1965. – 703 с.
- 2 Владзиевский, А.П. Основы автоматизации производства в машиностроении / А.П Владзиевский.– М.: Изд-во «Высшая школа», 1974. – 350 с.
- 3 Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А.И. Якушев. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: «Машиностроение», 1974. – 472 с.
- 4 Иваненко, Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иваненко. – Киев.: Высшая школа, 1978. – 576 с.
- 5 Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М : Машиностроение, 2001. – Т.1. – 920 с.
- 6 Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. 3-изд. – М.: Машиностроение, 1983. – 487
- 7 Справочник технолога – машиностроителя: в 2 т./ под ред. А.Г. Косиловой, А.М. Дальского, Р.К. Мещярековой – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.2. – 550 с.
- 8 Допуски и посадки. Справочник: в 2т./ под ред. В.Д. Мягкова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – Т.2. – 480 с.
- 9 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник: / под ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
- 10 Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. Пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / под. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
- 11 Активный контроль в машиностроении: Справочник / под. ред. Е.И. Педя. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
- 12 Решетников, Б.А. Проектирование механосборочных цехов: Учебное пособие по курсовой работе / Б.А. Решетников, В.Ю. Рогинский, С.В. Сергеев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ 1999. – 82 с.

					15.03.05.2021.394.00.000ШЗ	ЛШСМ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		874