

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Машиностроение, автоматика и электроэнергетика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к.т.н, доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Участок механической обработки детали «Вал 5Н51.00.02»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2017.225.000 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н, доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Руководитель работы,
к.т.н, доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Строительный раздел,
к.т.н, доцент
_____ Е.Н. Гордеев
_____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ДО-410
_____ И.В. Батруков
_____ 2017 г.

Нормоконтролер,
профессор
_____ Б.А. Решетников
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	8
1.1 Описание узла и детали. Служебное назначение детали.....	8
1.2 Расшифровка марки материала.....	9
1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали её назначению.....	9
1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологии и решении.....	10
1.5 Задачи проектирования.....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	12
2.1 Анализ технологичности детали.....	12
2.2 Анализ существующего технологического процесса.....	13
2.3 Разработка предполагаемого варианта технологического процесса...	14
2.3.1 Выбор последовательности обработки поверхностей детали.....	14
2.3.2 Формирование операций и выбор оборудования.....	19
2.3.3 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	21
2.4 Расчет режимов резания.....	47
2.5 Нормирование технологических операций.....	50
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	53
3.1 Проектирование зажимного приспособления.....	53
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования.....	53
3.1.2 Проектирование схемы приспособления.....	53
3.1.3 Расчет элементов приспособления.....	54
3.1.4 Компоновка приспособления.....	56
3.2 Расчет и проектирование фрезы шлицевой.....	56
3.3 Проектирование приспособления для контроля радиального биения.....	61
3.3.1 Компоновка контрольного приспособления.....	62
3.3.2 Принцип работы контрольного приспособления.....	62
3.3.3 Расчет погрешности измерительного приспособления.....	63
3.3.4 Расчет приспособления на точность.....	64
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	65
4.1 Определение количества оборудования и рабочих.....	65
4.1.1 Определение количества оборудования и коэффициента его за- грузки.....	67
4.1.2 Определение состава и количества работающих.....	68
4.2 Выбор типов и определение количества транспортных средств.....	70
4.2.1 Выбор и определение потребного количества мостовых кранов...	71
4.2.2 Определение потребного количества электротележек.....	72
4.3 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей.....	73
4.4 Выбор способа транспортирования стружки.....	74
4.5 Планировка механического участка.....	75

4.6 Организация рабочих мест.....	76
4.7 Выбор типов, формы и определение размеров здания.....	77
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	82
5.1 Организация производственного освещения на производственном участке.....	82
5.2 Расчет устройства молниезащиты.....	92
5.3 Обеспечение безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах.....	95
6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	102
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	103

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин имеет целью установить наиболее рациональный и экономный способ обработки, при этом обработка деталей на металлорежущих станках должна обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к точности и чистоте обрабатываемых поверхностей, правильности контуров, форм и т.д. На данном этапе развития машиностроения при проектировании технологических процессов стремятся к применению малоотходных способов получения заготовок, т.к. металлосбережение является актуальной темой в связи с высоким ростом цен на черные металлы. Для машиностроения рост цен на металл является одним из самых значимых факторов, влияющих на результаты деятельности, так как в большинстве отраслей машиностроения затраты на металл составляют более 90% материальных затрат на производство. Необходимо создавать экономически выгодные технологические процессы, позволяющие эффективно использовать материальные средства и время; повышать производительность труда; уменьшать долю ручного труда и т.д.

Цель выпускной квалификационной работы - разработать участок механической обработки детали «Вал».

Задачи работы:

- разработать технологический процесс механической обработки;
- разработать токарное приспособление;
- разработать шлицевую фрезу;
- разработать приспособление для контроля радиального биения;
- разработать загрузку на токарную операцию;
- определить экономическую эффективность, внесенных в технологический процесс.

–разработка строительного раздела;

–разработка безопасности жизнедеятельности;

Объект работы – участок механической обработки детали «Вал».

Предмет работы – процесс разработки участка механической обработки детали «Вал». Результаты работы рекомендуется использовать при изготовлении детали «Вал».

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 АНАЛИЗ УЗЛА И ДЕТАЛИ

1.1 Описание узла и детали. Служебное назначение детали

Деталь Вал 5Н.51.00.02 является одной из основных деталей изделия «Насос оседиагональный ОДН 130-100-75» в соответствии с рисунком 1.1.

Насос состоит из основных узлов: корпуса (1); улитка (2) – это две основных корпусных детали насоса, они служат для установки и закрепления всех составных частей, входящих в сборку. Ротор насоса состоит из вала (3); оседиагонального рабочего колеса (шнека) (4); распорной втулки (5) и гайки (6). Шнек – вращается с определённой скоростью, создавая центробежную силу, под действием которой рабочая жидкость разгоняется от оси вращения шнека к внутреннему периметру улитки, так как скорость потока жидкости ускоряется под действием шнека, в корпусе поз. 1 создаётся разрежение под действием которого, происходит засасывание рабочей жидкости через центральное входное отверстие корпуса. На валу фиксируется с помощью шлицевого соединения, в осевом направлении поджимается гайкой (6), которая на валу контрится болтом (7) и шайбой (22). Ротор вращается в подшипниках (8) и (9) типов 305 ГОСТ 831 и 306 ГОСТ 831 соответственно. Смазка подшипников – Литол 24 ГОСТ 21150.

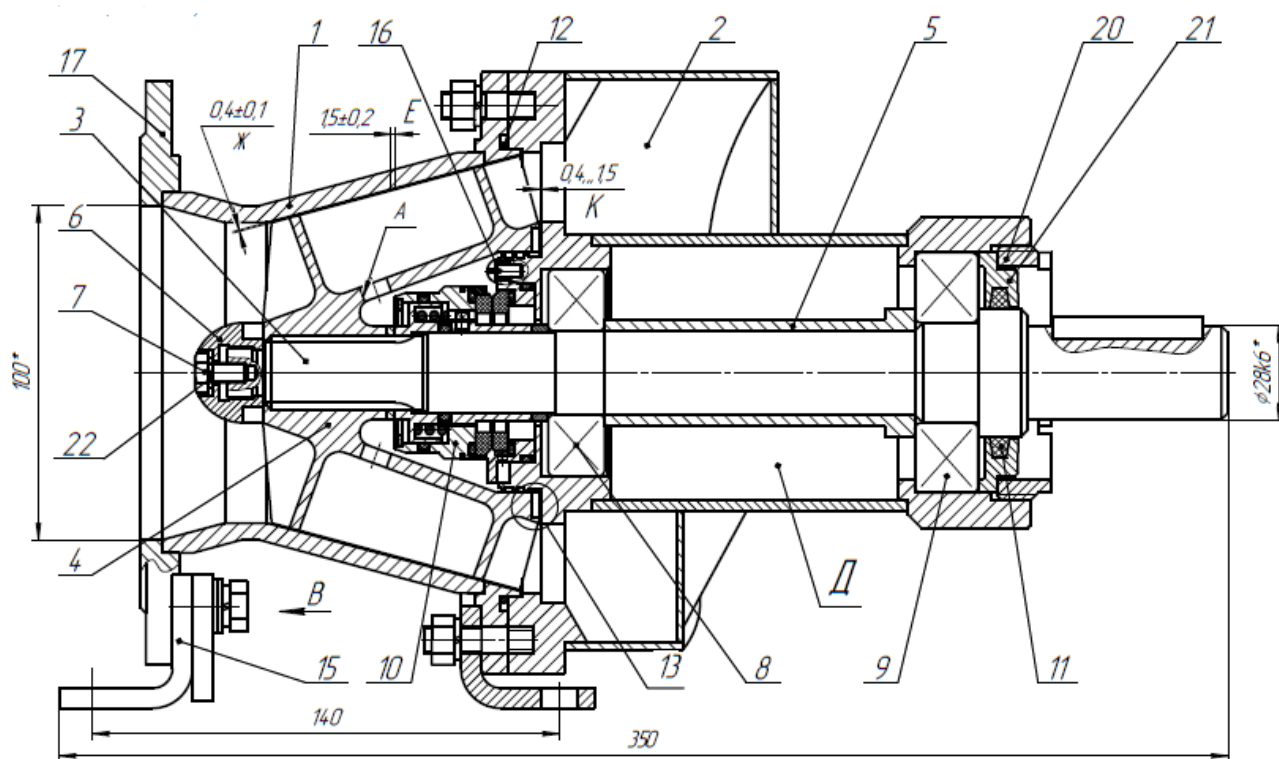


Рисунок 1.1 – Оседиагональный насос

Полость под шнеком отделена от полости подшипников торцовым уплотнением 24УТ100.00 (10), которое представляет собой блок монтажной готовности, ус-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

8

танавливаемый в корпус улитки с помощью винтов (16). Уплотнение полости подшипников со стороны выхода обеспечивается сальником (11). Уплотнение и герметизация перекачиваемой жидкости в насосе от внешней среды осуществляется круглым резиновым кольцом.

Насос оседиагональный предназначен как для перекачки воды, так и агрессивных жидкостей таких как бензин, керосин и т.д. Большая номенклатура рабочих жидкостей определяет широкое применение возможностей насосов данного типа. Среди потребителей оседиагональных насосов МЧС России, нефтегазовая промышленность.

1.2 Расшифровка марки материала

Деталь «Вал» изготавливается из стали 14X17H2 ГОСТ 5949–75.

Сталь 14X17H2 – сталь коррозионно-стойкая.

Характеристика материала:

- относительное удлинение после разрыва – 10%,
- предел прочности 1100 МПа;
- предел текучести 850 МПа.

Химический состав:

- содержание кремния Si 0,8 %;
- содержание марганца Мп 0,8 %;
- содержание никеля Ni 1,5...2,5 %;
- содержание серы S 0...0,025 %;
- содержание углерода С 0,11...0,17 %;
- содержание фосфора Р 0...0,035 %;
- содержание хрома Cr 16...18 %.

Физические свойства:

- свариваемость – ограниченно сваривается способ сварки РДС;
- твердость по Бринеллю 285 НВ.

1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали её назначению

Деталь «Вал» является основной деталью оседиагонального насоса.

Требования чертежа детали соответствуют её назначению.

Внутренняя метрическая резьба М8×1–6Н после окончательной обработки соответствует требованию чертежа по параметрам шероховатости поверхностей, образующих резьбу и прилегающих к ней фасок для обеспечения плотного прилегания поверхностей.

Общие допуски по ГОСТ 30893.1 для валов Н12 для отверстий h12 Остальные ± IT12/2/

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

Глобализация мировой экономики – давно уже свершившийся факт, несущий с собой как большие преимущества, так и серьезные недостатки. Это в полной мере относится к машиностроению, в частности к станкостроению, и отражается на всех странах – производителях и потребителях станочной продукции, в том числе и на России. Происходивший с начала 90-х годов и вызванный целым рядом политических (в первую очередь распад Союза) и экономических причин обвал национального станкостроения привел к наплыву в страну большого числа зарубежных фирм-производителей станков, инструментов и комплектующих. Здесь сыграли свою роль 2 важнейших фактора: практическое отсутствие обновления станочного парка России в течение последних 10, 12 лет и относительно быстрый рост ряда отраслей промышленности, начиная с 1999 г., вызванный дефолтом и ростом цен на нефть и другое сырье. В числе таких отраслей можно назвать автомобилестроение, топливно-энергетический комплекс, авиационную (ее военная составляющая) и оборонную промышленность.

Российское станкостроение, подорванное в результате длительного спада, не могло выдерживать конкуренции с высококлассной продукцией таких стран, как Германия, Швейцария, Япония, Италия и ряда других. Значительную часть требуемого оборудования оно не производило и раньше, а фактическое прекращение выпуска комплектующих (в значительной мере из-за отсутствия стабильного спроса на них со стороны российских потребителей, не говоря об иностранных), привело к тому, что даже станки, изготавливаемые российскими фирмами, из-за необходимости сбыта в своей стране и за рубежом, чаще всего оснащались немецкими, отчасти японскими, швейцарскими и итальянскими комплектующими.

Германия (в том числе бывшая ГДР) всегда была основным зарубежным поставщиком станков, КПО и комплектующих на советские, а в дальнейшем и на российские заводы. Она остается им в настоящее время, несмотря на рост конкуренции со стороны испанских, южнокорейских, тайваньских и отчасти американских фирм. Причины этого состоят, прежде всего, в традиционно высокой культуре производства, высоком техническом уровне, в том числе сервисного обслуживания и широком ассортименте выпускаемой продукции. Однако относительно высокие цены, характерные для германской продукции, дают немалые шансы, особенно в российских условиях, другим производителям, которые эти шансы нередко с успехом реализуют. На российском рынке немецкие фирмы часто действуют объединенными усилиями, организуя для знакомства со своей продукцией потенциальных потребителей из различных отраслей симпозиумы и семинары. Одним из таких симпозиумов стал состоявшийся 10 – 11 ноября 2004 г. симпозиум «Станки и технологии из Германии – компетентный партнер для российской автомобильной промышленности». В нем приняло участие 19 ведущих фирм-производителей обрабатывающих центров, зубообрабатывающих, протяжных и шлифовальных станков, а также гидравлических, штамповочных, гибочных, вырубных и лазерных прессов, которые продемонстрировали широкие возможности

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

немецких станкостроителей. Немалый интерес специалистов вызвал и ноябрьский симпозиум фирмы DMG, посвященный использованию ее многоцелевых, лазерных и ультразвуковых станков в авиакосмической промышленности.

Однако Россия еще с советских времен имеет давние связи в области станкостроения не только с Германией, но также со Швейцарией, Италией, Японией, Великобританией, Францией, Болгарией и Чехией. Некоторые из этих стран (Швейцария, Италия, Япония) эти связи сохранили и расширили, другие (Великобритания, Франция, Болгария и Чехия) подрастеряли и только начинают восстанавливать. Появились на российском рынке и третьи страны (Южная Корея, Тайвань, Испания, Китай и др.), начавшие практически с чистого листа и уже добившиеся определенных успехов в сбыте своей продукции.

В итоге сегодня российских для потребителей станкоинструментальной продукции наибольший интерес представляет продукция следующих стран: Германии, Швейцарии, Италии, Испании, Японии, Кореи и Тайваня. Китайская продукция в парке российских станков занимает пока незначительное место (поставки инструментов более существенны), поскольку китайцы, выпуская в основном станки невысокого уровня и качества, играют сегодня на одном поле с российскими производителями. Однако серьезные зарубежные инвестиции в китайское станкостроение, несколько заводов ведущих западных и японских фирм, уже построенных в Китае и выпускающих высокотехнологичную продукцию (правда, пока в основном на китайский рынок) – все это заставляет предположить, что уже недалеко то время, когда на российском рынке появится серьезный и опасный конкурент, которому, тем не менее, долго придется убеждать потенциальных потребителей в высоком качестве и надежности своей продукции. В дальнейшем планируется проанализировать динамику производства за последние годы станков в семи указанных выше странах, представляющих наибольший интерес для российских потребителей теперь и могущих стать серьезными партнерами в будущем.

1.5 Задачи проектирования

- Разработать технологический процесс, выполнить размерный анализ технологического процесса;
- разработать токарное приспособление;
- разработать шлицевую фрезу;
- разработать приспособление для контроля радиального биения;
- разработать загрузку на токарную операцию;
- выполнить планировку участка;
- проанализировать технологический процесс с точки зрения организации производственного освещения;
- определить экономическую эффективность, внесенных в технологический процесс.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Анализ технологичности детали

Технологичность конструкции изделия это совокупность свойств конструкции, которые обеспечивают изготовление ремонт, и технологическое обслуживание по наиболее эффективной технологии в соответствии с рисунком 2.1.

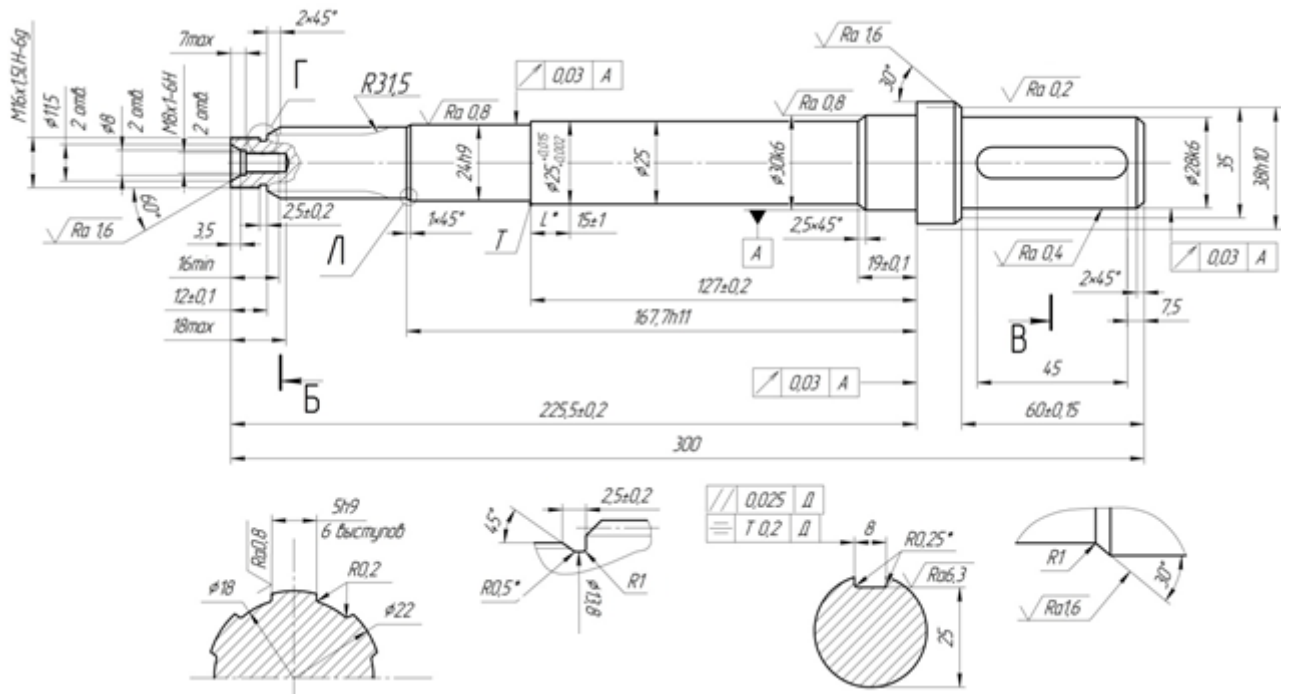


Рисунок 2.1 – Вал

При конструировании отдельных деталей сборочной единицы необходимо достичь удовлетворения не только эксплуатационных требований, но и требований рационального и экономичного изготовления изделия. Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты зависят 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. При отработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе ее конструирования.

Технологическая конструкция детали должна предусматривать:

1. Возможность создания детали наиболее рациональной формы с легкодоступными для обработки поверхностями и наличие достаточной жесткости с целью уменьшения трудоемкости и себестоимости механической обработки деталей;
2. Наличие на деталях удобных базирующих поверхностей;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

12

3. Наиболее рациональный способ получения заготовок с размерами и формой возможно более близкими к форме готовой детали.

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

5. Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;

6. Физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;

7. Показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

8. Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

Проведём анализ технологичности детали (см рисунок 2.1)

Деталь «Вал» изготавливается из прутка отрезанием необходимой длины. Этот метод получения заготовки признан рациональным, так как является наиболее производительным и точным, обеспечивает получение заготовки с размерами и формой близкими к форме готовой детали, что свидетельствует о технологичности выбранного метода получения исходной заготовки.

Деталь «Вал» нетехнологична по следующим параметрам:

1) Шероховатость поверхностей $\varnothing 24$, $\varnothing 38$ задана Ra 0,8 и Ra 0,2 соответственно, что не соответствует 9 и 10 качеству.

2) Канавка с заданными радиусами R0,5 и R1 для своего изготовления требует применения специального инструмента или дополнительного перехода.

2.2 Анализ существующего технологического процесса

В качестве исходной заготовки на предприятии используется прутки, так как данный метод получения заготовки считается наиболее производительным и обеспечивает более высокую точность получения заготовки.

В базовом технологическом процесс черновые и чистовые базы для выполнения технологических операций выбраны правильно, принцип единства технологических баз соблюдается.

Выбранная последовательность выполнения операций технологического процесса и выбранное оборудование обеспечивают обработку детали с заданной точностью, но процесс изготовления детали существенно удлиняется в результате использования несовременного оборудования для выполнения многих операций технологического процесса.

Для выполнения операций базового нормализованная и специальная техоснастка. Недостатком базового техпроцесса является то, что в качестве зажимных приспособлений в большинстве операций применяются трёхкулачковые патроны с механическим креплением.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Еще одним недостатком существующего техпроцесса является применение стандартных контрольных приспособлений - индикаторов, глубиномеров и т. п., что существенно удлиняет и усложняет процесс контроля размеров детали.

В результате анализа базового технологического процесса выявлено, что техпроцесс обеспечивает качество изготавливаемой детали, но процесс изготовления детали значительно удлинен из-за применения несовременного оборудования и техоснастки и контрольных приспособлений, нерационального выбора режущего инструмента во многих операциях техпроцесса. Поэтому при разработке проектного технологического процесса предлагается внести следующие усовершенствования:

1. В операциях, в которых в качестве зажимного приспособления используются стандартные трехкулачковые патроны с механическим креплением, применить патроны с пневматическим зажимом.
2. Использовать специально спроектированную червячную фрезу для нарезания прямобочных шлицов. Эта фреза повышает точность исполнения нарезания шлицов и ускоряет процесс резания шлицов.
3. Для проведения более точного контроля торцевого биения по базе А применить специально спроектированное контрольное приспособление.

2.3. Разработка предлагаемого варианта технологического процесса

2.3.1. Выбор последовательности обработки поверхностей детали

Для определения последовательности обработки назначаются базовые поверхности. Основной базовой поверхностью является наружный $\varnothing 30k6$, функциональными поверхностями наружная резьба M16 \times 1,5LN-6q, внутренняя резьба M8 \times 1-7H и шлицы $\varnothing 22$, а остальные поверхности детали являются вспомогательными.

Последовательность обработки детали отражена в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Последовательность обработки детали

Порядок обработки	Базовые поверхности	Содержание операции
1	2	3
1	Левый торец размера 300h12 и наружный $\varnothing 40h14$	Обрабатываются левый торец размера 300h12, центровое отверстие, наружные поверхности: $\varnothing 30k6$ с обеспечением размера $19\pm 0,1$, $\varnothing 25h12$, с обеспечением размера $127\pm 0,2$, $\varnothing 24h9$ с обеспечением размера $166,7h11$, $\varnothing 22f7$ под шлицы, \varnothing под резьбу M16 \times 1,5LN-6q с обеспечением размера $12\pm 0,1$.

Продолжение таблице 2.1

1	2	3
2	Левый торец размера 19±0,1 и наружный Ø30k6	Обрабатываются правый торец размера 300h12; центровое отверстие, наружные поверхности: Ø38h10, Ø28k6 с обеспечением размера 60±0,15.
3	Правый торец размера 60±0,15 и наружный Ø28k6	Обрабатываются левый торец размера 300h12, центровое отверстие и нарезается резьба М8×1-7Н, наружные поверхности: Ø30k6 с обеспечением размера 19±0,1, Ø25h12, с обеспечением размера 127±0,2, Ø24h9 с обеспечением размера 166,7 h11, Ø22f7 под шлицы, Ø под резьбу М16×1,5LH-6q с обеспечением размера 12±0,1.
4	Левый торец размера 19±0,1 и наружный Ø30k6	Обрабатываются правый торец размера 300h12; центровое отверстие и нарезается резьба М8×1-7Н, наружные поверхности: Ø38h10, Ø28k6 с обеспечением размера 60±0,15.
5	Левый торец размера 300h12 и наружные Ø24h9и Ø25k6	Обрабатываются шлицы Ø22f7 с обеспечением размеров 40±0Д5,5 h9 и R31,5.
6	Правый торец размера 19±0,1 и правый торец; размера 60±0,15 наружные Ø28k6 и наружные Ø38h10	Обрабатывается шпоночный паз 8N9 с обеспечением размеров 24,45H12.
7	Правый торец размера 60±0,15 и наружный Ø28k6	Обрабатываются левый торец размера 300h12, наружные поверхности: Ø30k6 с обеспечением размера 19±0,1, Ø25k6 с обеспечением размера 15±1, Ø24h9 с обеспечением размера 166,7h11, нарезание резьбы М16×1,5LH-6q с обеспечением размера 12±0,1.
8	Левый торец размера 19±0,1 и наружный Ø30k6	Обрабатываются правый торец размера 300h12; наружные поверхности: Ø38h10, Ø28k6 с обеспечением размера 60±0,15.
9	Правый торец размера 60±0,15 и наружный Ø28k6	Обрабатываются левый торец размера 300h12, наружные поверхности: Ø30k6 с обеспечением размера 19±0,1 и точим фаску 2,5×45°, Ø5k6 с обеспечением размера 15±1,0, Ø24h9 с обеспечением

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

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

15

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
10	Правый торец размера $19\pm 0,1$ и наружный $\varnothing 30k6$	Обрабатываются правый торец размера $300h12$; наружные поверхности: $\varnothing 38h10$ и точим фаску $\varnothing 35h12$ с углом 30° , $\varnothing 28k6$ с обеспечением размера $60\pm 0,15$ и точим фаску $2\times 45^\circ$.
11	Левый и правый торцы размера $300h12$	Шлифование наружных поверхностей: $\varnothing 38h10$, $\varnothing 28k6$ с обеспечением размера $60\pm 0,15$.
12	Левый торец размера $300h12$ и наружные $\varnothing 24h9$ и $\varnothing 25k6$	Шлифование 6-ти выступов размером $5h9$, с обеспечением размеров $40\pm 0,15$ и $R31,5$.

Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали по справочнику [3].

I Диаметральные размеры:

1. Обработка наружной поверхности $\varnothing 38h10$ Ra0,2.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2;
 - г) Обтачивание тонкое IT 6, Ra 0,8;
 - д) Шлифование тонкое IT 5, Ra 0,4;
 - е) Суперфиниширование IT 4, Ra 0,2.
2. Обработка наружной поверхности $\varnothing 30k6$ Ra 0,8.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2;
 - г) Обтачивание тонкое IT 6, Ra 0,8.
3. Обработка наружной поверхности $\varnothing 28k6$ Ra0,4.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2;
 - г) Обтачивание тонкое IT 6, Ra 0,8;
 - д) Шлифование тонкое IT 5, Ra 0,4.
4. Обработка наружной поверхности $\varnothing 25k6$ Ra 0,8.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2;
 - г) Обтачивание тонкое IT 6, Ra 0,8.
5. Обработка наружной поверхности $\varnothing 25h12$ Ra 3,2.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;

- б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
- в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2.
- 6. Обработка наружной поверхности $\varnothing 24h9$ Ra 0,8.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2;
 - г) Обтачивание тонкое IT 6, Ra 0,8.
- 7. Обработка наружной поверхности $\varnothing 13,8h12$ Ra 3,2 с обеспечением размеров; R0,5; R1; угла 45° .
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Обтачивание чистовое IT 8, Ra 3,2;
- 8. Обработка наружной поверхности под шлицы $\varnothing 22f7, \varnothing 18h12$ Ra 0,8, с обеспечением размеров $40\pm 0,15, 5h9$ и R31,5.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Фрезерование предварительное IT 9, Ra 6,3;
 - г) Фрезерование чистовое IT 7, Ra 3,2;
 - д) Шлифование IT 4, Ra 0,4.
- 9. Обработка наружной поверхности под резьбу M16 \times 1,5LH-6q Ra 3,2, обеспечением размеров $12\pm 0,1$.
 - а) Обтачивание черновое IT 12, Ra 25;
 - б) Обтачивание получистовое IT 11, Ra 12,5;
 - в) Нарезание резьбы резцом IT 6, Ra 3,2.
- 10. Обработка шпоночного паза 8N9 Ra 6,3, с обеспечением размеров 24, 45H12.
 - а) Фрезерование черновое IT 13, Ra 25;
 - б) Фрезерование чистовое IT 10, Ra 3,2;
 - в) Фрезерование тонкое IT 8, Ra 1,6.
- 11. Обработка внутренней поверхности под резьбу M8 \times 1-7H Ra 12,5, с обеспечением размеров 18шах и 16min.
 - а) Сверление IT 12, Ra 25;
 - б) Зенкерование чистовое IT 10, Ra 6,3;
 - в) Нарезание резьбы метчиком IT 7, Ra 12,5.
- 12. Обработка внутренней поверхности $\varnothing 8,4H14$ Ra 3,2, с обеспечением размеров 3,5H15,7max и угла 60° .
 - а) Сверление IT 12, Ra 25;
 - б) Зенкерование чистовое IT 10, Ra 6,3;
 - в) Развертывание нормальное IT 9, Ra 3,2.
- II Линейные размеры:
- 13. Размер 300h12 левый торец Ra 3,2, правый торец Ra 3,2.
 - 1) Обработка левого торца:
 - а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

- б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.
- 2) Обработка правого торца
- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
 - б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.
- 14.Размер 225,5 ±0,2 левый торец Ra 3,2, правый торец Ra 3,2.
- 1) Обработка правого торца:
- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
 - б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.
- 2) Обработка левого торца – см. п. 13.1)
- 15.Размер 166,7h1 1 правый торец Ra 3,2, левый торец Ra 3,2.
- 1) Обработка правого торца – см.п. 14.1).
- 2) Обработка левого торца:
- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
 - б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.
- 16.Размер 127±0,2 левый торец Ra 3,2, правый торец Ra 3,5.
- 1) Обработка левого торца:
- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
 - б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.
- 2) Обработка правого торца – см. п. 14.1)
- 17.Размер 60 ±0,15 левый торец Ra 3,2, правый торец Ra 3,2.
- 1) Обработка левого торца:
- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
 - б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.
- 2) Обработка правого торца – см. п. 13.2)
- 18.Размер 19±0,1 правый торец Ra 3,2, левый торец Ra 3,2.
- 1) Обработка правого торца – см.п. 14.1).
- 2) Обработка левого торца:
- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
 - б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
 - в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra 6,3;
 - г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.

19.Размер 15 ± 1 левый торец Ra 3,2, правый торец Ra3,5.

1) Обработка правого торца:

- а) Торцевое точение черновое IT 14, Ra 50;
- б) Торцевое точение получистовое IT 12, Ra 25;
- в) Торцевое точение чистовое IT 9, Ra6,3;
- г) Торцевое точение тонкое IT 7, Ra 1,6.

2) Обработка левого торца – см. п. 16.1.

2.3.2 Формирование операций и выбор оборудования

Операция 000 – Заготовительная. Отрезка прутка.

Операция 005 – Токарная с ЧПУ

Станок токарно-винторезный 16К20Ф3

Точение торцевое черновое левого торца размера 300h12, сверление центрального отверстия, обтачивание черновое наружных поверхностей: $\varnothing 30k6$ с обеспечением размера $19\pm 0,1$, $\varnothing 25h12$, с обеспечением размера $127\pm 0,2$, $\varnothing 24h9$ с обеспечением размера $166,7 h11$, $\varnothing 22f7$ под шлицы, \varnothing под резьбу M16×1,5LN-6q с обеспечением размера $12\pm 0,1$.

Операция 010 – Токарная.

Станок токарно-винторезный 16К20

Точение торцевое черновое правого торца размера 300h12; сверление центрального отверстия, обтачивание черновое наружных поверхностей: $\varnothing 38h10$, $\varnothing 28k6$ с обеспечением размера $60\pm 0,15$.

Операция 015 – Токарная с ЧПУ.

Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3

I. Переход

Точение торцевое получистовое левого торца размера 300h12, зенкерование чистовое $\varnothing 8,4$ центрального отверстия, обтачивание получистовое наружных поверхностей: $\varnothing 30k6$ с обеспечением размера $19\pm 0,1$, $\varnothing 25h12$, с обеспечением размера $127\pm 0,2$, $\varnothing 24h9$ с обеспечением размера $166,7h11$, $\varnothing 22f7$ под шлицы, \varnothing под резьбу M16×1,5LN-6q с обеспечением размера $12\pm 0,1$.

II. Переход

Точение торцевое чистовое левого торца размера 300h12, развёртывание нормальное $\varnothing 8,4$, нарезание резьбы M8×1-7H, обтачивание чистовое наружных поверхностей: $\varnothing 30k6$ с обеспечением размера $19\pm 0,1$, $\varnothing 25h12$, с обеспечением размера $127\pm 0,2$, $\varnothing 24h9$ с обеспечением размера $166,7h11$.

Операция 020 – Токарная с ЧПУ.

Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3

I. Переход

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Точение торцевое получистовое правого торца размера 300h12; зенкерование чистовое $\varnothing 8,4$ центрального отверстия, обтачивание получистовое наружных поверхностей: $\varnothing 38h11$, $\varnothing 28k6$ с обеспечением размера $60\pm 0,15$.

II. Переход

Точение торцевое чистовое правого торца размера 300h12; развёртывание нормальное $\varnothing 8,4$, нарезание резьбы M8 \times 1-7H, обтачивание чистовое наружных поверхностей: $\varnothing 38h11$, $\varnothing 28k6$ с обеспечением размера $60\pm 0,15$.

Операция 025 – Шлицифрезерная

Станок шлицифрезерный 5350

I. Переход

Фрезерование предварительное 6-ти выступов размером 5h9, с обеспечением размеров $40\pm 0,15$ и R31,5.

II. Переход

Фрезерование чистовое 6-ти выступов размером 5h9, с обеспечением размеров $40\pm 0,15$ и Ю1,5.

Операция 030 – Фрезерная

Станок вертикально-фрезерный 6Н10

I. Переход

Фрезерование черновое шпоночного паза 8N9, с обеспечением размеров 24 и 45H12.

II. Переход

Фрезерование чистовое шпоночного паза 8N9, с обеспечением размеров 24 и 45H12.

III. Переход

Фрезерование тонкое шпоночного паза 8N9, с обеспечением размеров 24 и 45H12.

Операция 035 – Токарная

Станок токарно-винторезный 16К20

Точение торцевое тонкое левого торца размера 300h12, обтачивание тонкое наружных поверхностей: $\varnothing 30k6$ с обеспечением размера $19\pm 0,1$, $\varnothing 25k6$, с обеспечением размера 15 ± 1 , $\varnothing 24h9$ с обеспечением размера 166,7h11, нарезание резьбы M16 \times 1,5LN-6q резцом с обеспечением размера $12\pm 0,1$.

Операция 040 – Токарная

Станок токарно-винторезный 16К20

Точение торцевое тонкое правого торца размера 300h12; обтачивание тонкое наружных поверхностей: $\varnothing 38h10$, $\varnothing 28k6$ с обеспечением размера $60\pm 0,15$.

Операция 045 – Шлифовальная

Станок круглошлифовальный 3Е153

I. Переход

Шлифование тонкое наружных поверхностей: $\varnothing 38h10$, $\varnothing 28k6$ обеспечением размера $60\pm 0,15$.

II. Переход

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Суперфиниширование наружной поверхности $\varnothing 38h10$.

Операция 050 – Шлицешлифовальная

Станок шлицешлифовальный 3450

Шлифование 6-ти выступов размером 5h9, с обеспечением размеров $40\pm 0,15$ и R31,5.

Операция 055 – Слесарная.

Автоматизированное рабочее место слесаря.

Операция 060 – Контрольная.

2.3.3 Размерный анализ разработанного технологического процесса

Размерный анализ будет осуществлен по методике Матвеева [2].

Первым этапом анализа является преобразование и кодирование чертежа детали. Преобразованные чертежи детали в соответствии с рисунками 2.2 и 2.3.

С учетом принятой кодировки чертежа детали составляется таблица технологического маршрута обработки детали (таблица 2.2).

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

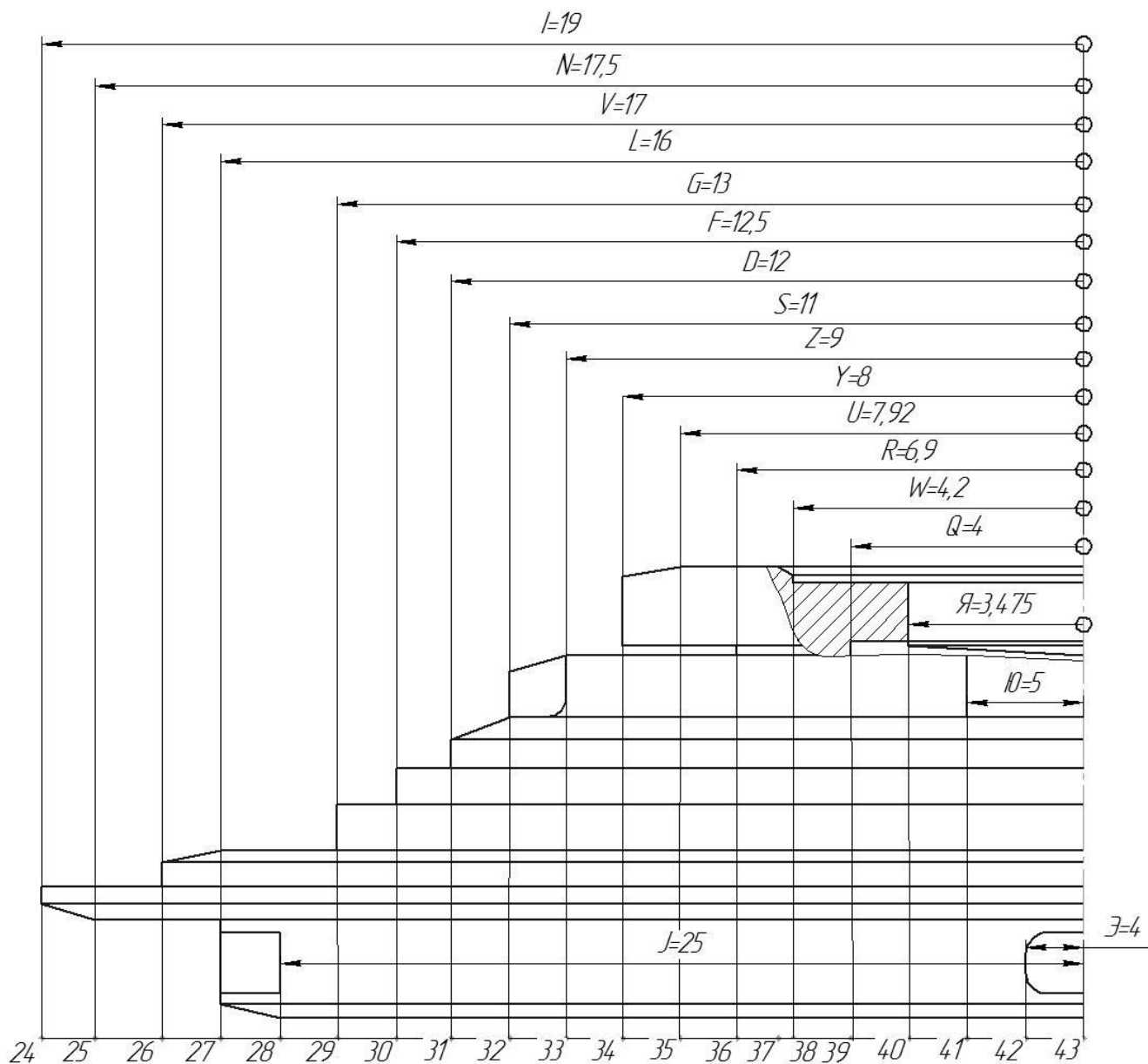


Рисунок 2.2 – Преобразование чертежа детали для схемы диаметральных размеров

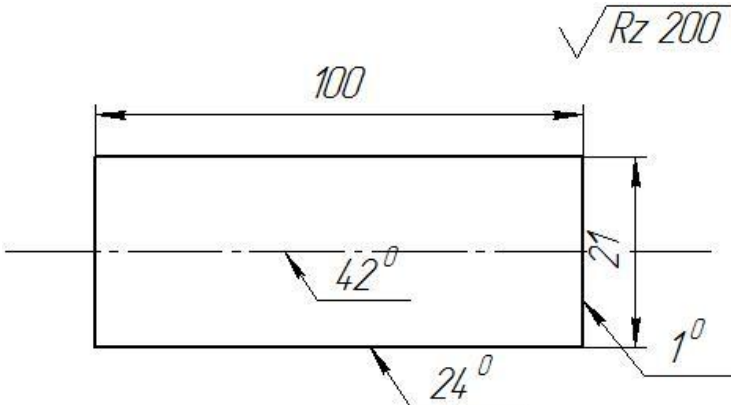
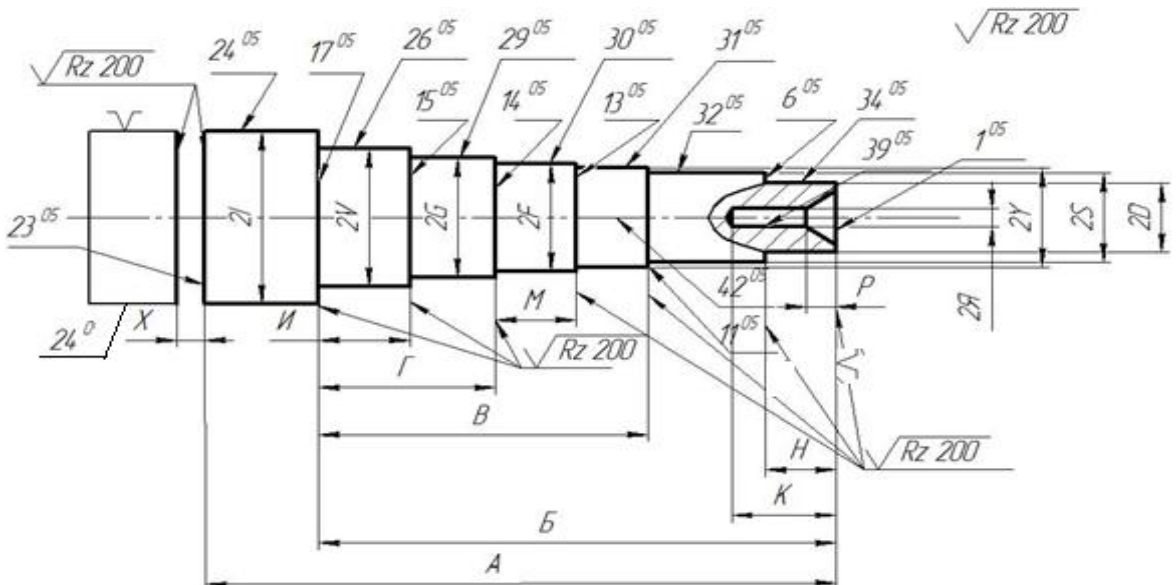
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

22

Таблица 2.2 – Технологический маршрут обработки детали

№ Оп	Эскиз	Допуски, техниче- ские требования, мм.
1	2	3
000 Заготовительная		$T_{2I}^0 = T_{\text{табл}} = 0,62$ $\odot 24^{05}, 42^0 = 0,5$
005 Токарная с ЧПУ		$T_{2I}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,25$ $T_{2V}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,21$ $T_{2G}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,21$ $T_{2F}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,21$ $T_{2Я}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,15$ $T_{2Y}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,18$ $T_{2S}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,21$ $T_{2D}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,21$ $T_{2X}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,3$ $T_{2И}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,52$ $T_{2I}^{05} = T_{\text{табл.}} = 1,0$ $T_{2B}^{05} = T_{\text{табл.}} = 1,0$ $T_{2M}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,43$ $T_{2Б}^{05} = T_{\text{табл.}} = 1,15$ $T_{2A}^{05} = T_{\text{табл.}} = 1,3$ $T_{2H}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,43$ $T_{2K}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,43$ $T_{2P}^{05} = T_{\text{табл.}} = 0,36$ $\perp 1^{05}, 24^{05} = 0,4$ $\perp 17^{05}, 24^{05} = 0,4$ $\perp 23^{05}, 24^{05} = 0,4$ $\odot 24^{05}, 26^{05} = 0,3$ $\odot 24^{05}, 29^{05} = 0,25$ $\odot 24^{05}, 30^{05} = 0,25$ $\odot 24^{05}, 31^{05} = 0,25$ $\odot 24^{05}, 32^{05} = 0,25$ $\odot 24^{05}, 34^{05} = 0,2$ $\odot 24^{05}, 39^{05} = 0,16$ $\odot 24^{00}, 24^{05} = 0,25$

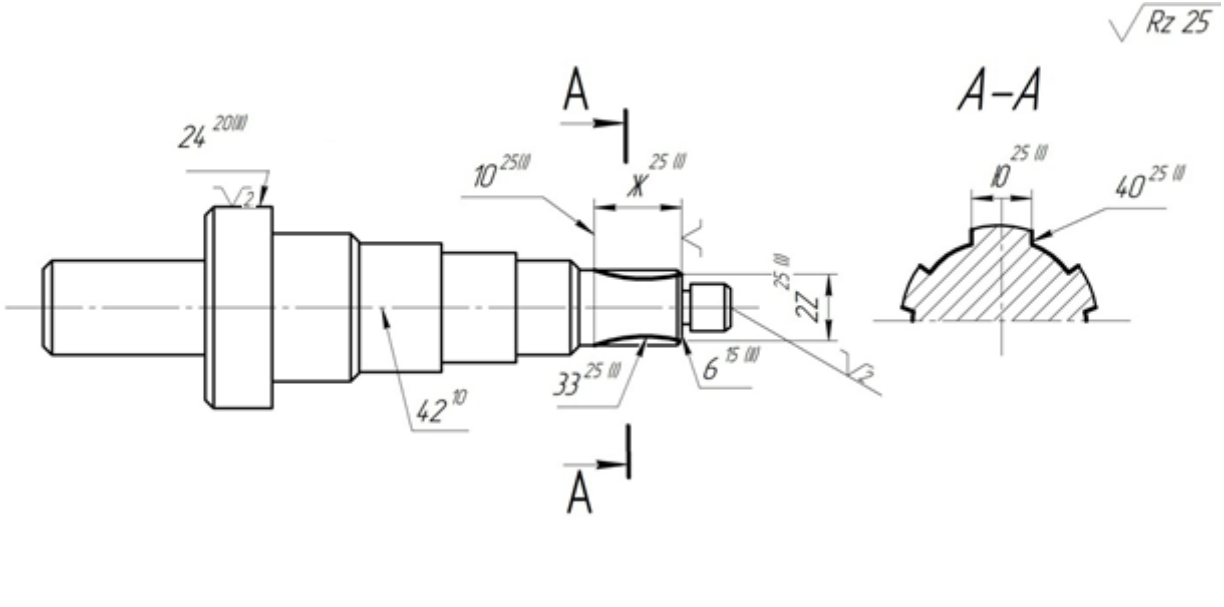
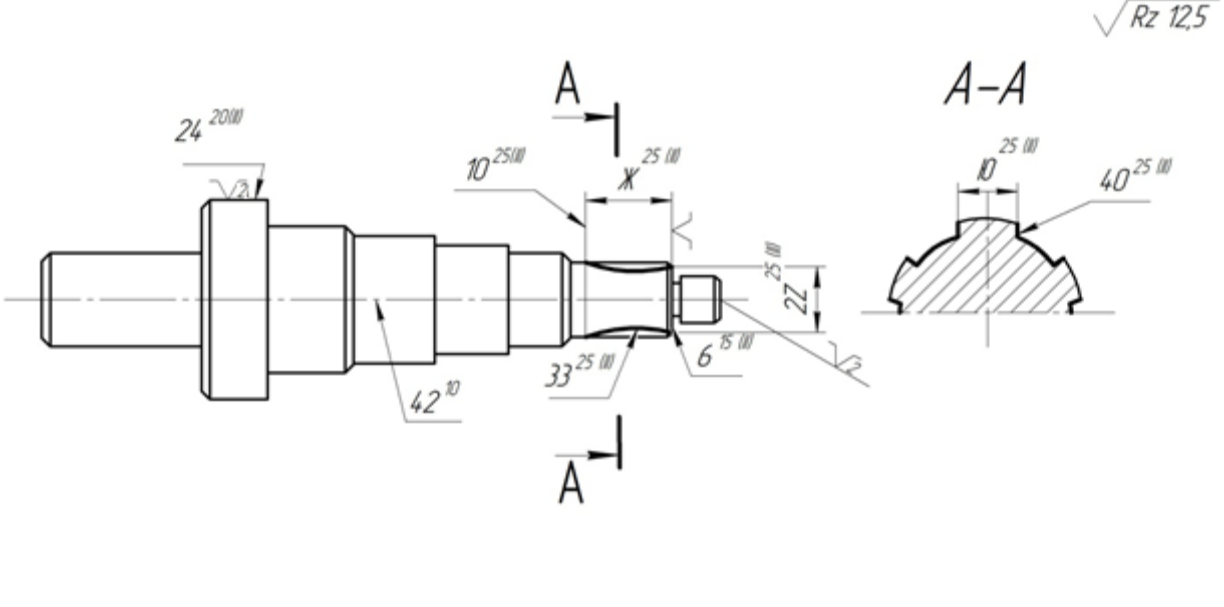
Продолжение таблицы 2.2

1	2	3																																
<p>015 Токарная с ЧПУ 2 переход.</p>		<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz 12,5}$</p>																																
	<table border="0"> <tr> <td>$T_{2V}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$</td> <td>$T_{\Phi}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{2G}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$</td> <td>$T_{\Gamma}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{2F}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$</td> <td>$T_{C}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{2R}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,027$</td> <td>$T_{\text{Ц}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{2D}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$</td> <td>$T_{\text{Л}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$</td> </tr> <tr> <td>$T_{2Q}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,015$</td> <td>$T_{\text{БВ}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} + \Delta 19^{10} =$</td> </tr> <tr> <td>$T_{2W}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,015$</td> <td>$= 0,043 + 0,2 = 0,24 \perp$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{И}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,052$</td> <td>$27^{10}, 17^{15(II)} = 0,01$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\Gamma}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$</td> <td>$\perp 27^{10}, 15^{15(II)} = 0,01$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{В}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$</td> <td>$\perp 27^{10}, 6^{15(II)} = 0,008$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{М}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$</td> <td>$\odot 27^{10}, 17^{15(II)} = 0,1$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{Б}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,115$</td> <td>$\odot 27^{10}, 26^{15(II)} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{Н}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$</td> <td>$\odot 27^{10}, 29^{15(II)} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{У}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$</td> <td>$\odot 27^{10}, 30^{15(II)} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{Р}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,036$</td> <td>$\odot 27^{10}, 31^{15(II)} = 0,025$</td> </tr> <tr> <td>$T_{\text{Ч}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$</td> <td>$\odot 27^{10}, 37^{15(II)} = 0,0016$</td> </tr> </table>	$T_{2V}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{\Phi}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$T_{2G}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{\Gamma}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$T_{2F}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{C}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$T_{2R}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,027$	$T_{\text{Ц}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$T_{2D}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{\text{Л}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$	$T_{2Q}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,015$	$T_{\text{БВ}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} + \Delta 19^{10} =$	$T_{2W}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,015$	$= 0,043 + 0,2 = 0,24 \perp$	$T_{\text{И}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,052$	$27^{10}, 17^{15(II)} = 0,01$	$T_{\Gamma}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$	$\perp 27^{10}, 15^{15(II)} = 0,01$	$T_{\text{В}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$	$\perp 27^{10}, 6^{15(II)} = 0,008$	$T_{\text{М}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$	$\odot 27^{10}, 17^{15(II)} = 0,1$	$T_{\text{Б}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,115$	$\odot 27^{10}, 26^{15(II)} = 0,025$	$T_{\text{Н}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$	$\odot 27^{10}, 29^{15(II)} = 0,025$	$T_{\text{У}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$\odot 27^{10}, 30^{15(II)} = 0,025$	$T_{\text{Р}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,036$	$\odot 27^{10}, 31^{15(II)} = 0,025$	$T_{\text{Ч}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$\odot 27^{10}, 37^{15(II)} = 0,0016$	<p>$\odot 27^{10}, 38^{15(II)} = 0,016$</p>
$T_{2V}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{\Phi}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$																																	
$T_{2G}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{\Gamma}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$																																	
$T_{2F}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{C}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$																																	
$T_{2R}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,027$	$T_{\text{Ц}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$																																	
$T_{2D}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,033$	$T_{\text{Л}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$																																	
$T_{2Q}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,015$	$T_{\text{БВ}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} + \Delta 19^{10} =$																																	
$T_{2W}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,015$	$= 0,043 + 0,2 = 0,24 \perp$																																	
$T_{\text{И}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,052$	$27^{10}, 17^{15(II)} = 0,01$																																	
$T_{\Gamma}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$	$\perp 27^{10}, 15^{15(II)} = 0,01$																																	
$T_{\text{В}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$	$\perp 27^{10}, 6^{15(II)} = 0,008$																																	
$T_{\text{М}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$	$\odot 27^{10}, 17^{15(II)} = 0,1$																																	
$T_{\text{Б}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,115$	$\odot 27^{10}, 26^{15(II)} = 0,025$																																	
$T_{\text{Н}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$	$\odot 27^{10}, 29^{15(II)} = 0,025$																																	
$T_{\text{У}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$\odot 27^{10}, 30^{15(II)} = 0,025$																																	
$T_{\text{Р}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,036$	$\odot 27^{10}, 31^{15(II)} = 0,025$																																	
$T_{\text{Ч}}^{15(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,025$	$\odot 27^{10}, 37^{15(II)} = 0,0016$																																	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
020 Токарная с ЧПУ 1 переход.		$\begin{aligned} T_{2L}^{20(I)} &= T_{\text{табл.}} = 0,13 \\ T_{2I}^{20(I)} &= T_{\text{табл.}} = 0,16 \\ T_{Д}^{20(I)} &= T_{\text{табл.}} = 0,3 \\ T_{АБ}^{20(I)} &= T_{\text{табл.}} + \Delta 15^{15(II)} = \\ &= 0,3 + 0,01 = 0,31 \end{aligned}$ $\begin{aligned} \perp 15^{15(II)}, 19^{20(I)} &= 0,04 \\ \odot 29^{15(II)}, 24^{20(I)} &= 0,08 \\ \odot 29^{15(II)}, 27^{20(I)} &= 0,06 \end{aligned}$
020 Токарная с ЧПУ 2 переход.		$\begin{aligned} T_{2L}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} = 0,033 \\ T_{2I}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} = 0,039 \\ T_{2N}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} = 0,039 \\ T_{Д}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} = 0,074 \\ T_{АБ}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} + \Delta 15^{15(II)} \\ &= 0,074 + 0,01 = 0,084 \end{aligned}$ $\begin{aligned} T_{Ш}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} = 0,1 \\ T_{Щ}^{20(II)} &= T_{\text{табл.}} = 0,1 \\ \perp 15^{15(II)}, 19^{20(II)} &= 0,016 \\ \perp 15^{15(II)}, 23^{20(II)} &= 0,01 \end{aligned}$ $\begin{aligned} \odot 29^{15(II)}, 24^{20(II)} &= 0,03 \\ \odot 29^{15(II)}, 27^{20(II)} &= 0,06 \end{aligned}$

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
025 Шлицефрезерная 1 переход.		$T_{2Z}^{25(I)} = T_{\text{табл.}} = 0,043$ $T_{Ю}^{25(I)} = T_{\text{табл.}} = 0,03$ $T_{Ж}^{25(I)} = T_{\text{табл.}} + \Delta 6^{15(II)} =$ $= 0,062 + 0,008 = 0,07$ $\odot 24^{20(II)}, 33^{25(I)} = 0,0032$
025 Шлицефрезерная 2 переход.		$T_{2Z}^{25(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,018$ $T_{Ю}^{25(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,012$ $T_{Ж}^{25(II)} = T_{\text{табл.}} + \Delta 6^{15(II)} =$ $= 0,025 + 0,008 = 0,033$ $\odot 24^{20(II)}, 33^{25(II)} = 0,012$

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

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

28

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
030 Фрезерная 1 переход.		$T_E^{30(I)} = T_{\text{табл.}} = 0,39$ $T_{\Pi}^{30(I)} = T_{\text{табл.}} + \Delta L^{20(II)} = 0,22 + 0,01 = 0,23$ $T_{\Xi}^{30(I)} = T_{\text{табл.}} = 0,22$ $T_J^{30(I)} = T_{\text{табл.}} + \Delta L^{20(II)} = 0,33 + 0,039 = 0,369$
030 Фрезерная 2 переход.		$T_E^{30(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,1$ $T_{\Pi}^{30(II)} = T_{\text{табл.}} + \Delta L^{20(II)} = 0,058 + 0,01 = 0,068$ $T_{\Xi}^{30(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,058$ $T_J^{30(II)} = T_{\text{табл.}} + \Delta L^{20(II)} = 0,084 + 0,039 = 0,123$

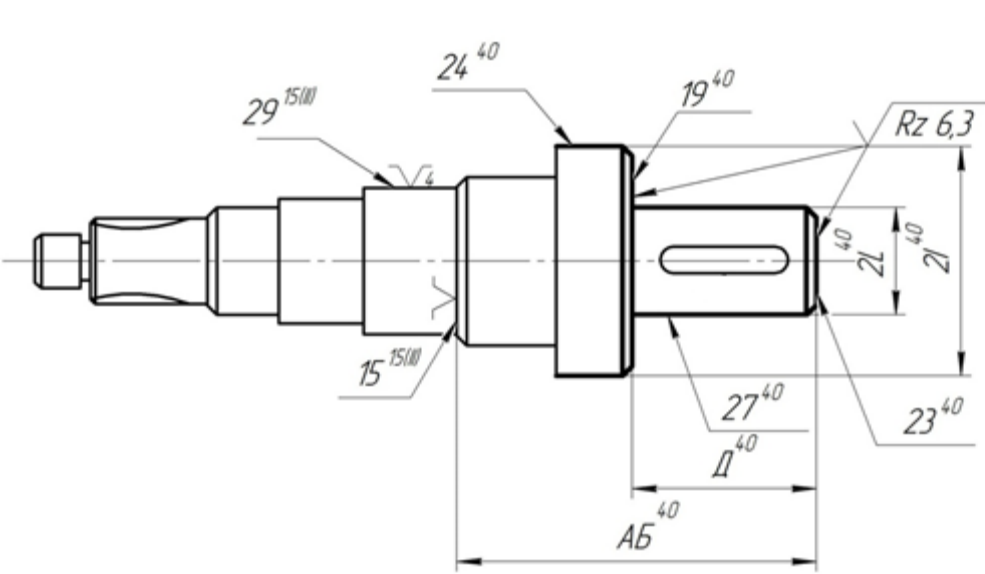
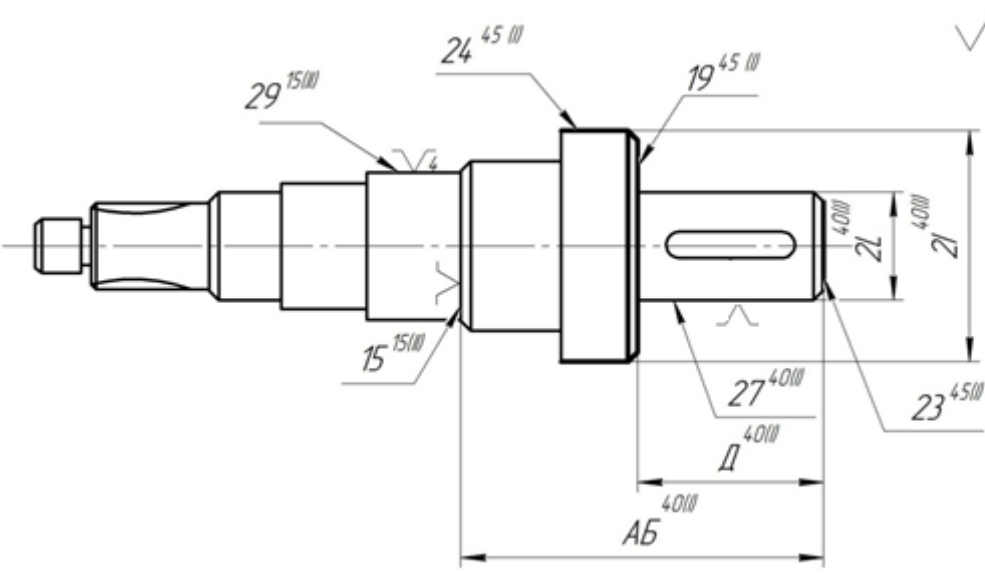
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
030 Фрезерная 3 переход.		$T_E^{30(III)} = T_{\text{табл.}} = 0,039$ $T_{\Pi}^{30(III)} = T_{\text{табл.}} + \Delta 23^{20(II)} = 0,022 + 0,01 = 0,032$
	$T_{\Theta}^{30(III)} = T_{\text{табл.}} = 0,022$ $T_J^{30(III)} = T_{\text{табл.}} + \Delta L^{20(II)} = 0,033 + 0,039 = 0,072$	
035 Токарная.		$T_{2D}^{35} = T_{\text{табл.}} = 0,013$ $T_{2U}^{35} = T_{\text{табл.}} = 0,011$ $T_{\Gamma}^{35} = T_{\text{табл.}} = 0,04$ $T_{B^{15}} = T_{\text{табл.}} = 0,1$ $T_{M^{35}} = T_{\text{табл.}} = 0,018$ $T_{B^{35}} = T_{\text{табл.}} = 0,046$
	$T_B^{35} = T_{\text{табл.}} = 0,04$ $T_{B\bar{B}^{35}} = T_{\text{табл.}} + \Delta 19^{20(II)} = 0,018 + 0,016 = 0,034$ $\perp 27^{20(II)}, 17^{35} = 0,006$	$\odot 27^{20(II)}, 26^{35} = 0,1$ $\odot 27^{20(II)}, 30^{35} = 0,1$ $\odot 27^{20(II)}, 31^{35} = 0,1$ $\odot 27^{20(II)}, 35^{35} = 0,1$

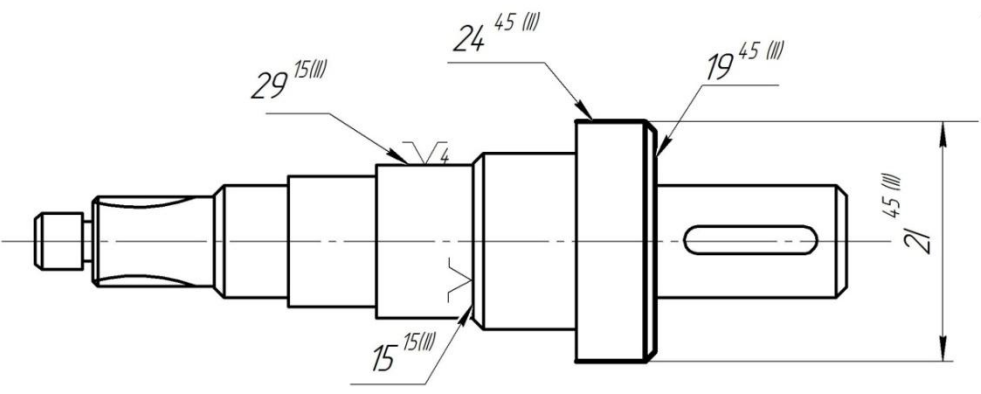
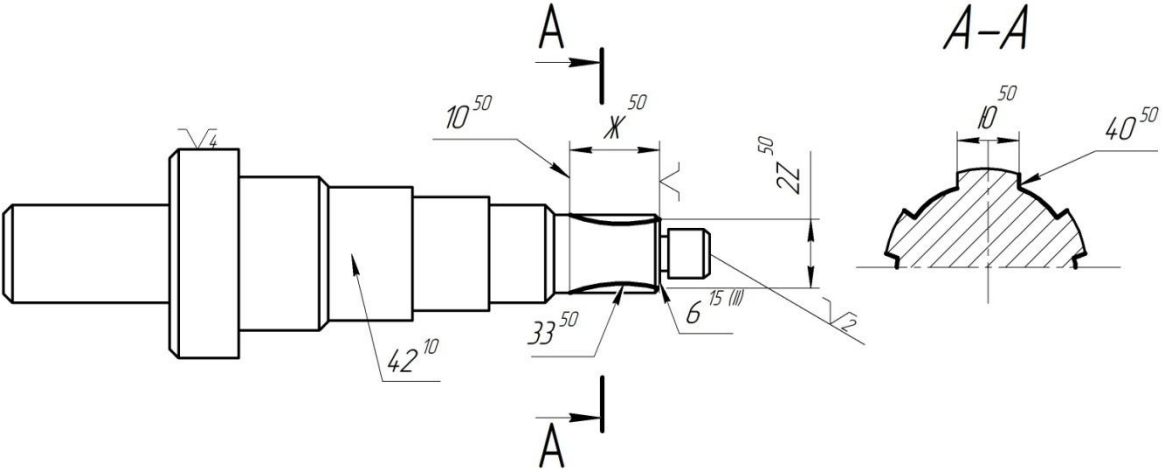
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
040 Токарная.		$\sqrt{Rz\ 3,2}$ $\perp\ 29^{15(II)}, 23^{40} = 0,005$ $\odot\ 29^{15(II)}, 24^{40} = 0,008$ $\odot\ 29^{15(II)}, 27^{40} = 0,006$
045 Шлифовальная 1 переход.		$\sqrt{Rz\ 16}$ $\odot\ 29^{15(II)}, 24^{45(I)} = 0,005$ $\odot\ 29^{15(II)}, 27^{45(I)} = 0,004$
	$T_{2L}^{40} = T_{табл.} = 0,013$ $T_{2l}^{40} = T_{табл.} = 0,016$ $T_{Д}^{40} = T_{табл.} = 0,03$	$T_{AB}^{40} = T_{табл.} + \Delta 15^{15(II)} = 0,03 + 0,01 = 0,04$ $\perp\ 29^{15(II)}, 19^{40} = 0,004$
	$T_{2L}^{45(I)} = T_{табл.} = 0,009$ $T_{2l}^{45(I)} = T_{табл.} = 0,011$ $T_{Д}^{45(I)} = T_{табл.} = 0,019$	$T_{AB}^{45(I)} = T_{табл.} + \Delta 15^{15(II)} = 0,019 + 0,01 = 0,029$

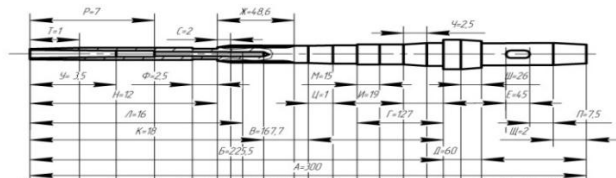
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 2.2

1	2	3
045 Шлифовальная 2 переход.		
	$T_{2I}^{45(II)} = T_{\text{табл.}} = 0,007$	$\textcircled{\text{C}} 29^{15(II)}, 24^{45(II)} = 0,003$
050 Шлицешлифовальная		
	$T_{2Z}^{50} = T_{\text{табл.}} = 0,005$ $T_{YU}^{50} = T_{\text{табл.}} = 0,004$	$T_{Ж}^{50} = T_{\text{табл.}} + \Delta 6^{15(II)} = 0,007 + 0,008 = 0,015$ $\textcircled{\text{C}} 24^{20(II)}, 33^{50} = 0,003$

По данным таблицы 2.2 вычерчиваем схемы диаметральных и линейных размерных цепей в соответствии с рисунком – (рисунки 2.4 и 2.5), по разработанным схемам составляем уравнения размерных цепей для определения операционных размеров и размеров заготовки.

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



№ от	z	IA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
50	$z_{19 \min}^{50} = 0.0125, z_{19 \max}^{50} = 0.0605$	$ТЖ^{50} = 0.015$																								
4500	$z_{19 \min}^{4500} = 0.0063, z_{19 \max}^{4500} = 0.0553$	$ТАБ^{4500} = 0.029, ТД^{4500} = 0.019$																								
450	$z_{19 \min}^{40} = 0.025, z_{19 \max}^{40} = 0.253$ $z_{23 \min}^{40} = 0.025, z_{23 \max}^{40} = 0.196$	$ТАБ^{40} = 0.04, ТД^{40} = 0.03$																								
40	$z_{11 \min}^{35} = 0.025, z_{11 \max}^{35} = 0.461$ $z_{15 \min}^{35} = 0.025, z_{15 \max}^{35} = 0.415$ $z_{16 \min}^{35} = 0.025, z_{16 \max}^{35} = 0.1415$ $z_{17 \min}^{35} = 0.025, z_{17 \max}^{35} = 0.639$ $z_{18 \min}^{35} = 0.025, z_{18 \max}^{35} = 0.275$	$ТГ^{35} = 0.04, ТБ^{35} = 0.046$ $АВ^{35} = 0.04, ТБВ^{35} = 0.034$																								
3000	$z_{20 \min}^{3000} = 0.0125, z_{20 \max}^{3000} = 0.2515$ $z_{21 \min}^{3000} = 0.0125, z_{21 \max}^{3000} = 0.1125$	$ТГ^{3000} = 0.032, ТБ^{3000} = 0.039$																								
3000	$z_{20 \min}^{3000} = 0.1, z_{20 \max}^{3000} = 0.078$ $z_{21 \min}^{3000} = 0.1, z_{21 \max}^{3000} = 0.398$	$ТГ^{3000} = 0.068, ТБ^{3000} = 0.1$																								
3000		$ТГ^{3000} = 0.23, ТБ^{3000} = 0.22$																								
2500	$z_{10 \min}^{2500} = 0.025, z_{10 \max}^{2500} = 0.128$	$ТЖ^{2500} = 0.033$																								
2500		$ТЖ^{2500} = 0.07$																								
2000	$z_{19 \min}^{2000} = 0.1, z_{19 \max}^{2000} = 0.532$ $z_{23 \min}^{2000} = 0.1, z_{23 \max}^{2000} = 0.384$	$ТАБ^{2000} = 0.084, ТД^{2000} = 0.074$ $ТШ^{2000} 0.1, ТЦ^{2000} 0.1$																								
2000	$z_{23 \min}^{2000} = 0.45, z_{23 \max}^{2000} = 1.019$ $z_{21 \min}^{2000} = 0.2, z_{21 \max}^{2000} = 0.995$	$ТАБ^{2000} = 0.31, ТД^{2000} = 0.3$																								
1500	$z_{1 \min}^{1500} = 0.1, z_{1 \max}^{1500} = 1.298$ $z_{2 \min}^{1500} = 0.1, z_{2 \max}^{1500} = 1.443$ $z_{3 \min}^{1500} = 0.1, z_{3 \max}^{1500} = 1.484$ $z_{4 \min}^{1500} = 0.1, z_{4 \max}^{1500} = 1.521$ $z_{11 \min}^{1500} = 0.1, z_{11 \max}^{1500} = 1.223$ $z_{12 \min}^{1500} = 0.1, z_{12 \max}^{1500} = 1.223$ $z_{13 \min}^{1500} = 0.1, z_{13 \max}^{1500} = 1.546$ $z_{14 \min}^{1500} = 0.1, z_{14 \max}^{1500} = 0.985$ $z_{15 \min}^{1500} = 0.1, z_{15 \max}^{1500} = 0.723$	$ТГ^{1500} = 0.052, ТГ^{1500} = 0.1$ $ТБ^{1500} 0.1, ТБ^{1500} 0.175$ $ТН^{1500} = 0.043, ТМ^{1500} = 0.043$ $ТУ^{1500} = 0.025, ТР^{1500} = 0.036$ $ТЧ^{1500} = 0.025, ТФ^{1500} = 0.025$ $ТТ^{1500} = 0.025, ТС^{1500} = 0.025$ $ТЦ^{1500} = 0.025, ТА^{1500} = 0.043$ $ТБВ^{1500} = 0.243$																								
1500	$z_{1 \min}^{1500} = 0.2, z_{1 \max}^{1500} = 1.71$ $z_{2 \min}^{1500} = 0.45, z_{2 \max}^{1500} = 1.48$ $z_{3 \min}^{1500} = 0.45, z_{3 \max}^{1500} = 4.17$ $z_{4 \min}^{1500} = 0.45, z_{4 \max}^{1500} = 3.753$ $z_{11 \min}^{1500} = 0.45, z_{11 \max}^{1500} = 3.753$ $z_{12 \min}^{1500} = 0.45, z_{12 \max}^{1500} = 4.36$ $z_{13 \min}^{1500} = 0.45, z_{13 \max}^{1500} = 2.04$ $z_{14 \min}^{1500} = 0.45, z_{14 \max}^{1500} = 2.35$	$ТГ^{1500} = 0.21, ТГ^{1500} = 0.4$ $ТБ^{1500} 0.4, ТБ^{1500} 0.46$ $ТН^{1500} = 0.18, ТМ^{1500} = 0.18$ $ТУ^{1500} 0.12, ТР^{1500} 0.15$ $ТБВ^{1500} = 0.38$																								
10	$z_{23 \min}^{10} = 0.45, z_{23 \max}^{10} = 4.12$	$ТАБ^{10} = 0.7, ТД^{10} = 0.3$																								
05		$ТГ^{05} = 0.52, ТГ^{05} = 1.0$ $ТБ^{05} 1.0, ТБ^{05} 1.15$ $ТН^{05} = 0.43, ТМ^{05} = 0.43$ $ТУ^{05} 0.36, ТР^{05} = 1.3$ $ТЖ^{05} 1.43, ТХ^{05} = 0.3$																								
00																										

Рисунок 2.4 – Схема линейных размеров

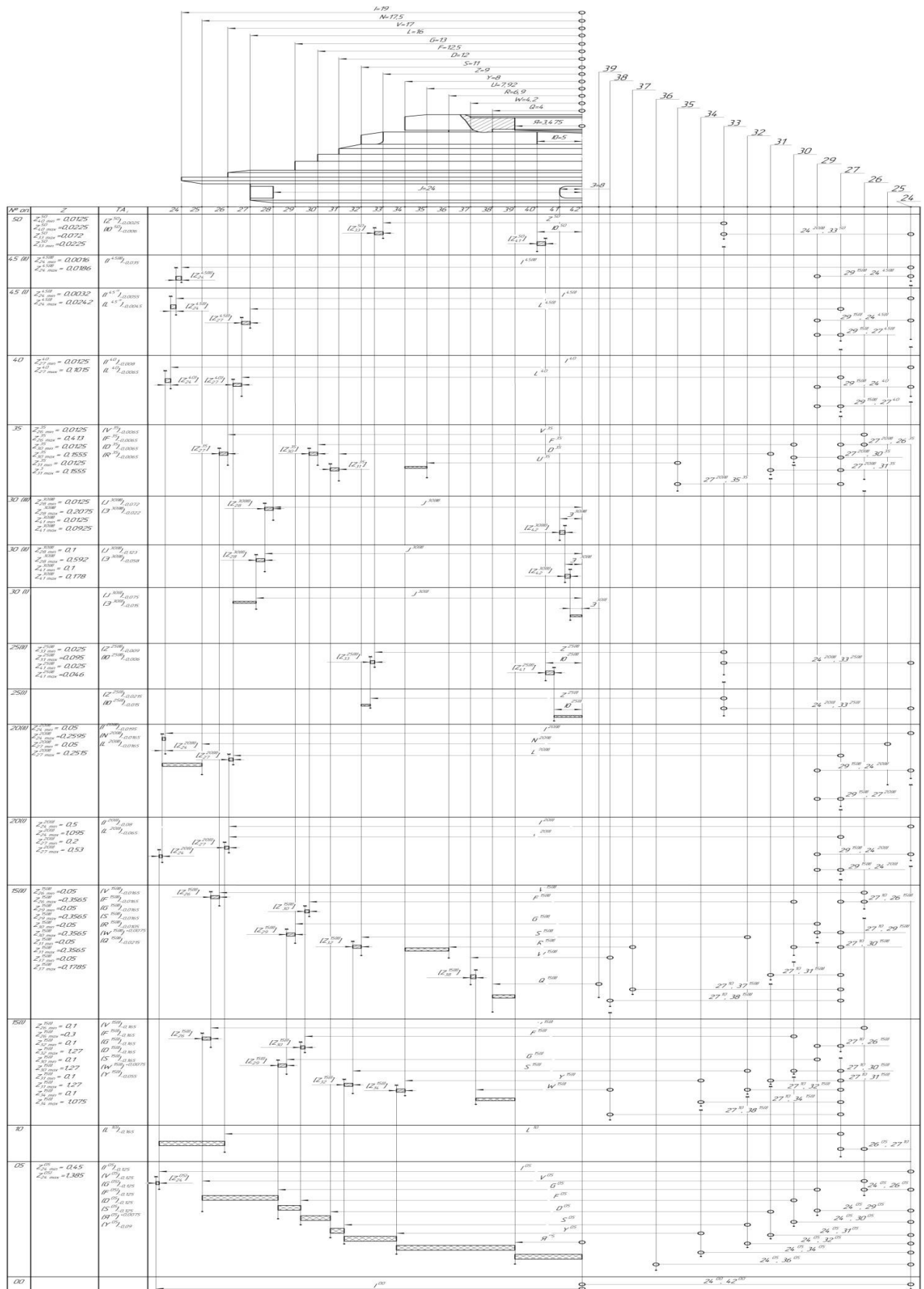


Рисунок 2.5 – Схема диаметральных размеров

По схеме линейных размеров получаем следующие уравнения:

- 1) $[Z_{10}^{50}] = Ж^{50} - Ж^{25(II)}$
- 2) $[Z_{19}^{45(I)}] = Д^{45(I)} - Д^{40}$
- 3) $[Z_{19}^{40}] = Д^{40} - АБ^{40} + АБ^{20(II)} - Д^{20(II)}$
- 4) $[Z_{23}^{40}] = АБ^{20(II)} - АБ^{40}$
- 5) $[Z_1^{35}] = Б^{15(II)} - И^{15(II)} + АБ^{20(II)} - Д^{20(II)} - БВ^{35} - Б^{35}$
- 6) $[Z_{11}^{35}] = В^{15(II)} - И^{15(II)} + АБ^{20(II)} - Д^{20(II)} - БВ^{35} - В^{35}$
- 7) $[Z_{13}^{35}] = Г^{15(II)} - И^{15(II)} + АБ^{20(II)} - Д^{20(II)} - БВ^{35} - Г^{35}$
- 8) $[Z_{14}^{35}] = М^{15(II)} + Г^{15(II)} - И^{15(II)} + АБ^{20(II)} - Д^{20(II)} - БВ^{35} - Г^{35} - М^{35}$
- 9) $[Z_{17}^{35}] = БВ^{35} + Д^{20(II)} - АБ^{20(II)} - И^{15(II)}$
- 10) $[Z_{20}^{30(III)}] = Е^{30(III)} + П^{30(III)} - П^{30(II)} - Е^{30(II)}$
- 11) $[Z_{21}^{30(III)}] = П^{30(II)} - П^{30(III)}$
- 12) $[Z_{20}^{30(II)}] = Е^{30(II)} + П^{30(II)} - П^{30(I)} - Е^{30(I)}$
- 13) $[Z_{21}^{30(II)}] = П^{30(I)} - П^{30(II)}$
- 14) $[Z_{10}^{25(II)}] = Ж^{25(II)} - Ж^{25(I)}$
- 15) $[Z_{19}^{20(II)}] = L^{20(II)} - АБ^{20(II)} + АБ^{20(I)} - Д^{20(I)}$
- 16) $[Z_{23}^{20(II)}] = АБ^{20(I)} - АБ^{20(II)}$
- 17) $[Z_{19}^{20(I)}] = Д^{20(I)} - АБ^{20(I)} + И^{15(II)} + БВ^{15(II)}$
- 18) $[Z_{23}^{20(I)}] = Д^{10} - АБ^{20(I)} + И^{15(II)} - БВ^{15(II)}$
- 19) $[Z_1^{15(II)}] = Б^{15(I)} + БД^{15(I)} - БВ^{15(II)} - Б^{15(II)}$
- 20) $[Z_3^{15(II)}] = У^{15(II)} - Б^{15(II)} - БВ^{15(II)} + БВ^{15(I)} + Б^{15(I)} - У^{15(I)}$
- 21) $[Z_4^{15(II)}] = Р^{15(II)} - Б^{15(II)} - БВ^{15(II)} + БВ^{15(I)} - Б^{15(I)} - Р^{15(I)}$
- 22) $[Z_6^{15(II)}] = Н^{15(II)} - Б^{15(II)} - БВ^{15(II)} + БВ^{15(I)} - Б^{15(I)} - Н^{15(I)}$
- 23) $[Z_{11}^{15(II)}] = В^{15(I)} - БВ^{15(I)} - БВ^{15(II)} - В^{15(II)}$
- 24) $[Z_{13}^{15(II)}] = Г^{15(I)} + БВ^{15(I)} - БВ^{15(II)} - Г^{15(II)}$
- 25) $[Z_{14}^{15(II)}] = М^{15(II)} - Г^{15(II)} - БВ^{15(II)} + БВ^{15(I)} + Г^{15(I)} - М^{15(I)}$
- 26) $[Z_{15}^{15(II)}] = И^{15(I)} - БВ^{15(II)} + БВ^{15(I)} - Б^{15(I)} - И^{15(I)}$
- 27) $[Z_{17}^{15(II)}] = БВ^{15(I)} - БВ^{15(II)}$
- 28) $[Z_1^{15(I)}] = Б^{05} - И^{05} + АБ^{10} - Д^{10} - БВ^{15(I)} - Б^{15(II)}$
- 29) $[Z_4^{15(I)}] = Р^{15(I)} - Б^{15(I)} - БВ^{15(I)} - Д^{10} + АБ^{10} - И^{05} + Б^{05} - Р^{05}$
- 30) $[Z_6^{15(I)}] = Н^{15(I)} - Б^{15(I)} - БВ^{15(I)} - Д^{10} + АБ^{10} - И^{05} + Б^{05} - Н^{05}$
- 31) $[Z_{11}^{15(I)}] = В^{05} - И^{05} + АБ^{10} - Д^{10} - БВ^{15(I)} - В^{15(I)}$
- 32) $[Z_{13}^{15(I)}] = Г^{05} - И^{05} + АБ^{10} - Д^{10} - БВ^{15(I)} - Г^{15(I)}$
- 33) $[Z_{14}^{15(I)}] = М^{15(I)} - Г^{15(I)} - БВ^{15(I)} + БВ^{15(I)} + АБ^{10} - Д^{10} - И^{05} + Г^{05} - М^{05}$
- 34) $[Z_{14}^{15(I)}] = АБ^{10} - Д^{10} - БВ^{15(I)} - И^{15(I)}$
- 35) $[Z_{17}^{15(I)}] = И^{05} - АБ^{05} + Д^{10} - БВ^{15(I)}$
- 36) $[Z_{23}^{10}] = А^{05} - Б^{05} + И^{05} - АБ^{10}$
- 37) $[A^0] = A^{05} + X^{05}$

Операция 30

Дано: $Z_{20}^{30(II)}_{\min} = 0,1$; $\Delta_{\Pi}^{30(II)} = -0,22$; $E^{30(II)} = 44,736_{-0,1}$; $\Pi^{30(II)} = 7,5805_{-0,068}$;
 $\Pi^{30(I)} = 7,9105_{-0,23}$.

Минимальный припуск на обработку на обработку определяется как сумма величины шероховатости Z предшествующего перехода и величины h дефектного слоя поверхности предшествующего перехода.

$$[Z_{20}^{30(II)}] = E^{30(II)} + \Pi^{30(II)} - \Pi^{30(I)} - E^{30(I)}$$

Далее определяем увеличивающие и уменьшающие звенья, а также за вычетом отклонений расположения поверхностей

$$[Z_{20}^{30(II)}_{\min}] = E^{30(II)}_{\min} + \Pi^{30(II)}_{\max} - \Pi^{30(I)}_{\max} - E^{30(I)}_{\max}$$

Выразим неизвестную величину $E^{30(I)}$

$$E^{30(I)}_{\max} = Z_{20}^{30(II)}_{\min} - E^{30(II)}_{\min} - \Pi^{30(II)}_{\max} + \Pi^{30(I)}_{\max}$$

$$E^{30(I)}_{\max} = 44,636 - 0,1 - 7,5805 + 7,9105 = 44,814$$

$$E^{30(I)}_{\min} = Z_{20}^{30(II)}_{\max} - E^{30(II)}_{\min} - \Pi^{30(II)}_{\min} + \Pi^{30(I)}_{\min}$$

$$E^{30(I)}_{\min} = 44,736 - 0,12 - 7,5737 + 7,6805 = 44,692$$

$$Z_{20}^{30(II)}_{\max} = 44,814 - (-0,022) + 0,022 = 0,078$$

Из расчетов получаем размер

$$E^{30(I)} = 44,814_{-0,23} \text{ и максимальный припуск на обработку } Z_{20}^{30(II)}_{\max} = 0,078.$$

Остальные результаты расчетов по схеме линейных размеров приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты расчетов цепей по схеме линейных размеров

Исходное уравнение	Известные величины	Расчитанные размеры
1	2	3
$[Z_{10}^{50}] = Ж^{50} - Ж^{25(II)}$	$Ж^{50} = 46,8_{-0,015}$; $\Delta_{Ж}^{25(II)} = -0,033$; $Z_{10}^{50}_{\min} = 0,0125$.	$Ж^{25(II)} = 46,7395_{-0,033}$; $Z_{10}^{50}_{\max} = 0,0605$.
$[Z_{19}^{45(I)}] = Д^{45(I)} - Д^{40}$	$Д^{45(I)} = 60_{-0,019}$; $\Delta_{Д}^{40} = -0,03$; $Z_{19}^{45(I)}_{\min} = 0,0063$.	$Д^{40} = 59,9747_{-0,03}$; $Z_{19}^{40}_{\max} = 0,0553$.
$[Z_{19}^{40}] = Д^{40} - АБ^{40} + АБ^{20(II)} - Д^{20(II)}$	$Д^{40} = 59,9747_{-0,03}$; $\Delta_{Д}^{20(II)} = -0,074$; $АБ^{40} = 93,5_{-0,04}$; $АБ^{20(II)} = 93,609_{-0,084}$; $Z_{19}^{40}_{\min} = 0,025$.	$Д^{20(II)} = 59,8707_{-0,074}$; $Z_{19}^{40}_{\max} = 0,253$.
$[Z_{23}^{40}] = АБ^{20(II)} - АБ^{40}$	$АБ^{40} = 93,5_{-0,04}$; $\Delta_{АБ}^{20(II)} = -0,084$; $Z_{23}^{40}_{\min} = 0,025$.	$АБ^{20(II)} = 93,5_{-0,04}$; $Z_{23}^{40}_{\max} = 0,196$.

Продолжение таблицы 2.3

$[Z_1^{35}] = B^{15(II)} - I^{15(II)} + AB^{20(II)} - D^{20(II)} - BB^{35} - B^{35}.$	$AB^{20(II)} = 93,5_{-0,04};$ $D^{20(II)} = 59,8707_{-0,074};$ $I^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $BB^{35} = 14,5_{-0,04}; B^{35} = 225,5_{-0,046};$ $\Delta_H B^{15(II)} = -0,115; Z_1^{35} \min = 0,025.$	$B^{15(II)} = 226,0147_{-0,115};$ $Z_1^{35} \max = 0,461.$
$[Z_{11}^{35}] = B^{15(II)} - I^{15(II)} + AB^{20(II)} - D^{20(II)} - BB^{35} - B^{35}.$	$AB^{20(II)} = 93,5_{-0,04};$ $D^{20(II)} = 59,8707_{-0,074};$ $I^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $BB^{35} = 14,5_{-0,04}; B^{35} = 166,7_{-0,04};$ $\Delta_H B^{15(II)} = -0,1; Z_{11}^{35} \min = 0,025.$	$B^{15(II)} = 167,1747_{-0,1};$ $Z_{11}^{35} \max = 0,415.$
$[Z_{13}^{35}] = \Gamma^{15(II)} - I^{15(II)} + AB^{20(II)} - D^{20(II)} - BB^{35} - \Gamma^{35}.$	$AB^{20(II)} = 93,5_{-0,04};$ $D^{20(II)} = 59,8707_{-0,074};$ $I^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $BB^{35} = 14,5_{-0,04}; \Gamma^{35} = 127_{-0,04};$ $\Delta_H \Gamma^{15(II)} = -0,1; Z_{13}^{35} \min = 0,025.$	$\Gamma^{15(II)} = 127,4747_{-0,1};$ $Z_{13}^{35} \max = 0,415.$
$V\Gamma^{15(II)} = 127,4747_{-0,1};$ $Z_{13}^{35} \max = 0,415.$	$AB^{20(II)} = 93,5_{-0,04};$ $D^{20(II)} = 59,8707_{-0,074};$ $I^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $BB^{35} = 14,5_{-0,04}; \Gamma^{35} = 124_{-0,04};$ $M^{15(II)} = -15_{-0,018};$ $\Delta_H M^{15(II)} = -0,043;$ $\Gamma^{15(II)} = 127,4747_{-0,1};$ $Z_{14}^{35} \min = 0,025.$	$M^{15(II)} = 15,043_{-0,043};$ $Z_{14}^{35} \max = 0,638.$
$[Z_{17}^{35}] = BB^{35} + D^{20(II)} - AB^{20(II)} - I^{15(II)}.$	$AB^{20(II)} = 93,5_{-0,04};$ $D^{20(II)} = 59,8707_{-0,074};$ $BB^{35} = 14,5_{-0,04};$ $\Delta_H I^{15(II)} = -0,052;$ $Z_{17}^{35} \min = 0,025.$	$N^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $Z_{17}^{35} \max = 0,2977.$
$[Z_{20}^{30(III)}] = E^{30(III)} + \Pi^{30(III)} - \Pi^{30(II)} - E^{30(II)}.$	$\Pi^{30(III)} = 7,5_{-0,0032};$ $\Pi^{30(II)} = 7,5805_{-0,068}$ $E^{30(III)} = 45_{-0,039}; \Delta_H E^{30(II)} = -0,1;$ $Z_{20}^{30(III)} \min = 0,0125.$	$E^{30(II)} = 44,736_{-0,039};$ $Z_{20}^{30(III)} \max = 0,2515.$
$[Z_{21}^{30(III)}] = \Pi^{30(II)} - \Pi^{30(III)}$	$\Pi^{30(III)} = 7,5_{-0,0032};$ $\Delta_H \Pi^{30(II)} = -0,068;$ $Z_{21}^{30(III)} \min = 0,0125.$	$\Pi^{30(II)} = 7,5805_{-0,068};$ $Z_{21}^{30(III)} \max = 0,1125.$
$[Z_{20}^{30(II)}] = E^{30(II)} + \Pi^{30(II)} - \Pi^{30(I)} - E^{30(I)}.$	$\Pi^{30(I)} = 7,9105_{-0,23};$ $\Pi^{30(II)} = 7,5805_{-0,068};$ $E^{30(II)} = 44,736_{-0,1}; \Delta_H \Pi^{30(II)} = -0,22;$ $Z_{20}^{30(II)} \min = 0,1.$	$E^{30(I)} = 44,814_{-0,23};$ $Z_{20}^{30(II)} \max = 0,078.$

Продолжение таблицы 2.3

$[Z_{21}^{30(II)}] = \Pi^{30(I)} - \Pi^{30(II)}$	$\Pi^{30(II)} = 7,5805_{-0,068};$ $\Delta_H \Pi^{30(I)} = -0,23;$ $Z_{21}^{30(II)}_{\min} = 0,1.$	$\Pi^{30(I)} = 7,9105_{-0,23};$ $Z_{21}^{30(II)}_{\max} = 0,398.$
$[Z_{10}^{25(II)}] = \mathcal{Ж}^{25(II)} - \mathcal{Ж}^{25(I)}$	$\mathcal{Ж}^{25(II)} = 46,7395_{-0,033};$ $\Delta_H \mathcal{Ж}^{25(I)} = -0,07;$ $Z_{10}^{25(II)}_{\min} = 0,025.$	$\mathcal{Ж}^{25(I)} = 46,6445_{-0,07};$ $Z_{10}^{25(II)}_{\max} = 0,128.$
$[Z_{19}^{20(II)}] = \mathcal{Д}^{20(II)} - \mathcal{АБ}^{20(II)} + \mathcal{АБ}^{20(I)} - \mathcal{Д}^{20(I)}$	$\mathcal{Д}^{20(II)} = 59,8707_{-0,074};$ $\mathcal{АБ}^{20(I)} = 93,909_{-0,2};$ $\mathcal{АБ}^{20(II)} = 93,609_{-0,084};$ $\Delta_H \mathcal{Д}^{20(I)} = -0,074; Z_{19}^{20(II)}_{\min} = 0,1.$	$\mathcal{Д}^{20(I)} = 59,7967_{-0,074};$ $Z_{19}^{20(II)}_{\max} = 0,532.$
$[Z_{23}^{20(II)}] = \mathcal{АБ}^{20(I)} - \mathcal{АБ}^{20(II)}$	$\mathcal{АБ}^{20(II)} = 93,5_{-0,04};$ $\Delta_H \mathcal{АБ}^{20(I)} = -0,2; Z_{23}^{20(II)}_{\min} = 0,384.$	$\mathcal{АБ}^{20(I)} = 93,909_{-0,2};$ $Z_{23}^{20(II)}_{\max} = 0,384.$
$[Z_{19}^{20(I)}] = \mathcal{Д}^{20(I)} - \mathcal{АБ}^{20(I)} + \mathcal{И}^{15(II)} + \mathcal{БВ}^{15(II)}$	$\mathcal{АБ}^{20(I)} = 93,909_{-0,4};$ $\mathcal{Д}^{20(I)} = 59,7967_{-0,074};$ $\mathcal{И}^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $\Delta_H \mathcal{БВ}^{15(II)} = -0,243; Z_{19}^{20(I)}_{\min} = 0,45.$	$\mathcal{БВ}^{15(II)} = 15,427_{-0,243};$ $Z_{19}^{20(I)}_{\max} = 1,019.$
$[Z_{23}^{20(I)}] = \mathcal{Д}^{10} - \mathcal{АБ}^{20(I)} + \mathcal{И}^{15(II)} + \mathcal{БВ}^{15(II)}$	$\mathcal{АБ}^{20(I)} = 93,909_{-0,2};$ $\mathcal{БВ}^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\mathcal{И}^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $\Delta_H \mathcal{Д}^{10} = -0,3; Z_{23}^{20(I)}_{\min} = 0,2.$	$\mathcal{Д}^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $Z_{23}^{20(I)}_{\max} = 0,995.$
$[Z_1^{15(II)}] = \mathcal{Б}^{15(I)} + \mathcal{БВ}^{15(I)} - \mathcal{БВ}^{15(II)} - \mathcal{Б}^{15(II)}$	$\mathcal{Б}^{15(II)} = 226,0147_{-0,115};$ $\mathcal{БВ}^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $\mathcal{БВ}^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\Delta_H \mathcal{Б}^{15(I)} = -0,46; Z_1^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$\mathcal{Б}^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $Z_1^{15(II)}_{\max} = 1,498.$
$[Z_3^{15(II)}] = \mathcal{У}^{15(II)} - \mathcal{Б}^{15(II)} - \mathcal{БВ}^{15(II)} + \mathcal{БВ}^{15(I)} + \mathcal{Б}^{15(I)} - \mathcal{У}^{15(I)}$	$\mathcal{Б}^{15(II)} = 226,0147_{-0,115};$ $\mathcal{БВ}^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $\mathcal{БВ}^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\mathcal{Б}^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $\mathcal{У}^{15(II)} = 3,5_{-0,025}; \Delta_H \mathcal{У}^{15(I)} = -0,12;$ $Z_3^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$\mathcal{У}^{15(I)} = 3,775_{-0,12};$ $Z_3^{15(II)}_{\max} = 1,343.$
$[Z_4^{15(II)}] = \mathcal{Р}^{15(II)} - \mathcal{Б}^{15(II)} - \mathcal{БВ}^{15(II)} + \mathcal{БВ}^{15(I)} - \mathcal{Б}^{15(I)} - \mathcal{Р}^{15(I)}$	$\mathcal{Б}^{15(II)} = 226,0147_{-0,115};$ $\mathcal{БВ}^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $\mathcal{БВ}^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\mathcal{Б}^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $\mathcal{Р}^{15(II)} = 7_{-0,036}; \Delta_H \mathcal{Р}^{15(I)} = -0,15;$ $Z_4^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$\mathcal{Р}^{15(I)} = 7,014_{-0,15};$ $Z_4^{15(II)}_{\max} = 1,484.$

Продолжение таблицы 2.3

$[Z_6^{15(II)}] = H^{15(II)} - B^{15(II)} -$ $- BB^{15(II)} + BB^{15(I)} -$ $- B^{15(I)} - H^{15(I)}.$	$B^{15(II)} = 226,0147_{-0,115};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $BB^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $B^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $H^{15(II)} = 12_{-0,043}; \Delta_H H^{15(I)} = -0,18;$ $Z_6^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$H^{15(I)} = 12,337_{-0,18};$ $Z_6^{15(II)}_{\max} = 1,161.$
$[Z_{11}^{15(II)}] = B^{15(I)} +$ $+ BB^{15(I)} - BB^{15(II)} - B^{15(II)}$	$B^{15(II)} = 167,1747_{-0,1};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $BB^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\Delta_H B^{15(I)} = -0,4; Z_{11}^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$B^{15(I)} = 167,7747_{-0,4};$ $Z_{11}^{15(II)}_{\max} = 1,423.$
$[Z_{13}^{15(II)}] = \Gamma^{15(I)} +$ $+ BB^{15(I)} - BB^{15(II)} - \Gamma^{15(II)}.$	$\Gamma^{15(II)} = 127,4747_{-0,1};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $BB^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\Delta_H \Gamma^{15(I)} = -0,4; Z_{13}^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$\Gamma^{15(I)} = 127,8747_{-0,4};$ $Z_{13}^{15(II)}_{\max} = 0,823.$
$[Z_{14}^{15(II)}] = M^{15(II)} -$ $- \Gamma^{15(II)} - BB^{15(II)} +$ $+ BB^{15(I)} + \Gamma^{15(I)} - M^{15(I)}.$	$\Gamma^{15(II)} = 127,4747_{-0,1};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $BB^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\Gamma^{15(I)} = 127,8747_{-0,1};$ $M^{15(II)} = 15,043_{-0,043};$ $\Delta_H M^{15(I)} = -0,18; Z_{14}^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$M^{15(I)} = 15_{-0,18};$ $Z_{14}^{15(II)}_{\max} = 1,446.$
$[Z_{15}^{15(II)}] = И^{15(I)} -$ $- BB^{15(II)} + BB^{15(I)} -$ $- B^{15(I)} - И^{15(I)}.$	$И^{15(II)} = 19,504_{-0,052};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $BB^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\Delta_H И^{15(I)} = -0,21; Z_{15}^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$И^{15(I)} = 20,011_{-0,21};$ $Z_{15}^{15(II)}_{\max} = 1,282.$
$[Z_{17}^{15(II)}] = BB^{15(I)} -$ $- BB^{15(II)}.$	$BB^{15(II)} = 15,4273_{-0,243};$ $\Delta_H BB^{15(I)} = -0,38; Z_{17}^{15(II)}_{\min} = 0,1.$	$BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $Z_{15}^{15(II)}_{\max} = 0,723.$
$[Z_1^{15(I)}] = B^{05} - И^{05} +$ $+ AB^{10} - D^{10} -$ $- BB^{15(I)} - B^{15(I)}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $B^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $И^{05} = 22,811_{-0,52};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $\Delta_H B^{05} = -1,15; Z_1^{15(I)}_{\min} = 0,2.$	$B^{05} = 230,3747_{-1,15};$ $Z_1^{15(I)}_{\max} = 3,71.$

Продолжение таблицы 2.3

$[Z_4^{15(I)}] = P^{15(I)} - B^{15(I)} -$ $- BB^{15(I)} - D^{10} +$ $+ AB^{10} - I^{05} + B^{05} - P^{05}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $B^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $I^{05} = 22,811_{-0,52};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $B^{05} = 230,3747_{-1,15};$ $P^{15(I)} = 7,014_{-0,15};$ $\Delta_H P^{05} = -0,36; Z_4^{15(I)}_{\min} = 0,45.$	$P^{05} = 6,218_{-0,36};$ $Z_4^{15(I)}_{\max} = 4,8701.$
$[Z_6^{15(I)}] = H^{15(I)} - B^{15(I)} -$ $- BB^{15(I)} - D^{10} + AB^{10} -$ $- I^{05} + B^{05} - H^{05}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $B^{15(I)} = 226,6747_{-0,46};$ $I^{05} = 22,811_{-0,52};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $B^{05} = 230,3747_{-1,15};$ $H^{15(I)} = 12,337_{-0,18};$ $\Delta_H H^{05} = -0,43; Z_6^{15(I)}_{\min} = 0,45.$	$H^{05} = 11,907_{-0,43};$ $Z_6^{15(I)}_{\max} = 4,57.$
$[Z_{11}^{15(I)}] = B^{05} - I^{05} +$ $+ AB^{10} - D^{10} -$ $- BB^{15(I)} - B^{15(I)}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $B^{15(I)} = 167,7747_{-0,4};$ $I^{05} = 22,811_{-0,52};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $\Delta_H B^{05} = -1,0; Z_{11}^{15(I)}_{\min} = 0,45.$	$B^{05} = 171,5747_{-1,0};$ $Z_{11}^{15(I)}_{\max} = 3,75.$
$[Z_{13}^{15(I)}] = \Gamma^{05} - I^{05} +$ $+ AB^{10} - D^{10} -$ $- BB^{15(I)} - \Gamma^{15(I)}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $\Gamma^{15(I)} = 127,8747_{-0,4};$ $I^{05} = 22,811_{-0,52};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $\Delta_H \Gamma^{05} = -1,0; Z_{13}^{15(I)}_{\min} = 0,45.$	$\Gamma^{05} = 131,6747_{-1,0};$ $Z_{13}^{15(I)}_{\max} = 3,75.$
$[Z_{14}^{15(I)}] = M^{15(I)} - \Gamma^{15(I)} -$ $- BB^{15(I)} + AB^{10} - D^{10} -$ $I^{05} + \Gamma^{05} - M^{05}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $\Gamma^{15(I)} = 127,8747_{-0,4};$ $I^{05} = 22,811_{-0,52};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $\Gamma^{05} = 131,6747_{-1,0};$ $M^{15(I)} = 15_{-0,18};$ $\Delta_H M^{05} = -0,43; Z_{14}^{15(I)}_{\min} = 0,45.$	$M^{05} = 14,82_{-0,43};$ $Z_{14}^{15(I)}_{\max} = 4,36.$
$[Z_{15}^{15(I)}] = AB^{10} - D^{10} -$ $- BB^{15(I)} - I^{15(I)}.$	$D^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $I^{15(I)} = 20,011_{-0,21};$ $BB^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $\Delta_H AB^{10} = -0,7; Z_{15}^{15(I)}_{\min} = 0,45.$	$AB^{10} = 96,841_{-0,7};$ $Z_{15}^{15(I)}_{\max} = 2,04.$

Продолжение таблицы 2.3

$[Z_{17}^{15(I)}] = И^{05} - АБ^{05} + Д^{10} - БВ^{15(I)}$.	$Д^{10} = 59,7727_{-0,3};$ $АБ^{10} = 96,841_{-0,7};$ $БВ^{15(I)} = 15,9073_{-0,38};$ $Δ_{И}И^{05} = -0,52; Z_{17}^{15(I)}_{min}=0,45.$	$И^{05} = 22,811_{-0,52};$ $Z_{17}^{15(I)}_{max} = 2,35.$
$[Z_{23}^{10}] = [A^{05}] - B^{05} + И^{05} - АБ^{10}$.	$Б^{05} = 230,3747_{-1,15};$ $АБ^{10} = 96,841_{-0,7};$ $И^{05} = 22,811_{-0,52};$ $Δ_{И}A^{05} = -1,3; Z_{23}^{10}_{min}=0,45.$	$A^{05} = 306,6747_{-1,3};$ $Z_{23}^{10}_{max} = 4,08.$
$[A^0] = [A^{05}] + X^{05}$.	$A^{05} = 306,6747_{-1,3};$ $X^{05} = 5_{-0,3};$	$A^0_{min} = 310,0747;$ $A^0_{max} = 311,6747.$

По схеме диаметральных размеров получаем следующие уравнения:

- 1) $[Z_{33}^{50}] = Z^{25(II)} - 24^{20(II)}, 33^{25(II)} - 29^{15(II)}, 24^{20(II)} - 29^{15(II)}, 24^{45(II)} - 33^{50}, 24^{20(II)} - Z^{50}$
- 2) $[Z_{40}^{50}] = Ю^{50} - Ю^{25(II)}$
- 3) $[Z_{24}^{45(II)}] = I^{45(I)} - 29^{15(II)}, 24^{45(I)} - 29^{15(II)}, 24^{45(II)} - I^{45(II)}$
- 4) $[Z_{24}^{45(I)}] = I^{40} - 29^{15(II)}, 24^{40} - 29^{15(II)}, 24^{45(I)} - I^{45(I)}$
- 5) $[Z_{27}^{45(I)}] = L^{40} - 29^{15(II)}, 27^{40} - 29^{15(II)}, 27^{45(I)} - L^{45(I)}$
- 6) $[Z_{24}^{40}] = I^{20(II)} - 29^{15(II)}, 24^{20(II)} - 29^{15(II)}, 24^{40} - I^{40}$
- 7) $[Z_{27}^{40}] = L^{20(II)} - 29^{15(II)}, 27^{20(II)} - 29^{15(II)}, 27^{40} - L^{40}$
- 8) $[Z_{26}^{35}] = V^{15(II)} - 27^{10}, 26^{15(II)} - 29^{15(II)}, 27^{10} - 29^{15(II)}, 27^{20(II)} - 27^{20(II)}, 26^{35} - V^{35}$
- 9) $[Z_{30}^{35}] = F^{15(II)} - 27^{10}, 30^{15(II)} - 29^{15(II)}, 27^{10} - 29^{15(II)}, 27^{20(II)} - 27^{20(II)} - 30^{35} - F^{35}$
- 10) $[Z_{31}^{35}] = D^{15(II)} - 27^{10}, 31^{15(II)} - 29^{15(II)}, 27^{10} - 29^{15(II)}, 27^{20(II)} - 27^{20(II)} - 31^{35} - D^{35}$
- 11) $[Z_{28}^{30(III)}] = J^{30(II)} - J^{30(III)}$
- 12) $[Z_{41}^{30(III)}] = \mathcal{O}^{30(III)} - \mathcal{O}^{30(II)}$
- 13) $[Z_{28}^{30(II)}] = J^{30(I)} - J^{30(II)}$
- 14) $[Z_{41}^{30(II)}] = \mathcal{O}^{30(II)} - \mathcal{O}^{30(I)}$
- 15) $[Z_{33}^{25(II)}] = Z^{25(I)} - 24^{20(II)}, 33^{25(I)} - 24^{20(II)}, 33^{25(II)} - Z^{25(II)}$
- 16) $[Z_{40}^{25(II)}] = Ю^{25(II)} - Ю^{25(I)}$
- 17) $[Z_{24}^{20(II)}] = I^{20(I)} - 29^{15(II)}, 24^{20(I)} - 29^{15(II)}, 24^{20(II)} - I^{20(II)}$
- 18) $[Z_{27}^{20(II)}] = L^{20(I)} - 29^{15(II)}, 27^{20(I)} - 29^{15(II)}, 27^{20(II)} - L^{20(II)}$
- 19) $[Z_{24}^{20(I)}] = I^{05} - 26^{05}, 24^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 29^{15(II)}, 27^{20(II)} - 29^{15(II)}, 24^{20(I)} - I^{20(I)}$
- 20) $[Z_{27}^{20(I)}] = L^{10} - 29^{15(II)}, 27^{10} - 29^{15(II)}, 27^{20(I)} - L^{20(I)}$
- 21) $[Z_{26}^{15(II)}] = V^{15(I)} - 27^{10}, 26^{15(I)} - 27^{10}, 26^{15(II)} - V^{15(II)}$
- 22) $[Z_{29}^{15(II)}] = G^{15(I)} - 27^{10}, 29^{15(I)} - 27^{10}, 29^{15(II)} - G^{15(II)}$
- 23) $[Z_{30}^{15(II)}] = F^{15(I)} - 27^{10}, 30^{15(I)} - 27^{10}, 30^{15(II)} - F^{15(II)}$
- 24) $[Z_{28}^{30(III)}] = D^{15(I)} - 27^{10}, 31^{15(I)} - 27^{10}, 31^{15(II)} - D^{15(II)}$
- 25) $[Z_{37}^{15(II)}] = W^{15(II)} - 27^{10}, 37^{15(II)} - 27^{10}, 37^{15(I)} - W^{15(I)}$
- 26) $[Z_{26}^{15(I)}] = V^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 27^{10}, 26^{15(I)} - V^{15(I)}$
- 27) $[Z_{29}^{15(II)}] = G^{05} - 24^{05}, 29^{05} - 26^{05}, 24^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 27^{10}, 29^{15(I)} - G^{15(I)}$
- 28) $[Z_{30}^{15(I)}] = F^{05} - 24^{05}, 30^{05} - 26^{05}, 24^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 27^{10}, 30^{15(I)} - F^{15(I)}$
- 29) $[Z_{31}^{15(I)}] = D^{05} - 24^{05}, 31^{05} - 26^{05}, 24^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 27^{10}, 31^{15(I)} - D^{15(I)}$

$$30) [Z_{32}^{15(I)}] = S^{05} - 24^{05}, 32^{05} - 26^{05}, 24^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 27^{10}, 32^{15(I)} - S^{15(I)}$$

$$31) [Z_{26}^{15(I)}] = Y^{05} - 24^{05}, 34^{05} - 26^{05}, 24^{05} - 26^{05}, 27^{10} - 27^{10}, 34^{15(I)} - Y^{15(I)}$$

$$32) [Z_{24}^{05}] = I^0 - 24^0, 42^0 - I^0$$

Проверка точности разработанного техпроцесса.

По схеме линейных размеров получаем достижение точности, так как требования линейных размеров детали в пределах 12; 14 качества, обеспечиваются стадиями обработки.

Решение размерных цепей по схеме диаметральных размеров.

Исходя из схемы диаметральных размеров по каждому переходу в соответствующей операции составляется уравнение размерной цепи с целью определения номинального межоперационного размера, где замыкающим звеном является припуск на обработку.

В конечном итоге получаем размеры заготовки с учетом ряда погрешностей обработки, расчет производим по методике профессора Матвеева.

Операция 50

$$\text{Дано: } Z_{33}^{50} \min = 0,0125; Z^{50} = 9_{-0,0025}; TZ^{25(II)} = 0,009; 24^{20(II)}, 33^{25(II)} = 0 \pm 0,006; 26^{15(II)}, 24^{20(II)} = \pm 0,04; 29^{15(II)}, 24^{45(II)} = \pm 0,0015; 24^{20(II)}, 33^{50} = \pm 0,0015.$$

Минимальный припуск на обработку определяется как сумма величины шероховатости Z предшествующего перехода и величины h дефектного слоя поверхности предшествующего перехода.

$$Z_{33}^{50} = Z^{25(II)} - 24^{20(II)}, 33^{25(II)} - 29^{15(II)}, 24^{20(II)} - 29^{15(II)}, 24^{45(II)} - 33^{50}, 24^{20(II)} - Z^{50}$$

Далее определяем увеличивающие и уменьшающие звенья, а также за вычетом отклонений расположения поверхностей

$$[Z_{33}^{50} \min] = Z^{25(II)} \min - 24^{20(II)}, 33^{25(II)} \max - 29^{15(II)}, 24^{20(II)} \max - 29^{15(II)}, 24^{45(II)} \max - 33^{50}, 24^{20(II)} \max - Z^{50} \max;$$

выразим неизвестную величину $Z^{25(II)} \min$

$$Z^{25(II)} \max = Z^{50} \max + 24^{20(II)}, 33^{25(II)} \max + 29^{15(II)}, 24^{20(II)} \max + 29^{15(II)}, 24^{45(II)} \max - 33^{50}, 24^{20(II)} \max + Z_{33}^{50} \min$$

$$Z^{25(II)} \min = 9 + 0,0015 + 0,015 + 0,0015 + 0,006 + 0,0125 = 9,0365$$

$$Z^{25(II)} \max = Z^{25(II)} \min - TZ^{25(II)} = 9,0365 - (-0,009) = 9,0455$$

$$Z_{33}^{50} \max = Z^{25(II)} \max - 24^{20(II)}, 33^{25(II)} \min - 29^{15(II)}, 24^{20(II)} \min - 29^{15(II)}, 24^{45(II)} \min - 33^{50}, 24^{20(II)} \min - Z^{50} \min$$

$$Z_{33}^{50} \max = 9,0365 - (-0,0015) - (-0,015) - (-0,0015) - (-0,006) - 8,9975 = 0,072$$

Из расчётов получаем размер

$$2Z^{25(II)} = 18,091_{-0,018} \text{ и максимальный припуск на обработку } Z_{33}^{50} \max = 0,072$$

Остальные уравнения, составленные по схеме диаметральных размеров, рассчитываются аналогично. Результаты расчётов приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты расчётов цепей по схеме диаметральных размеров

Исходное уравнение	Известные величины	Расчитанные размеры
1	2	3
$[Z_{40}^{50}] = Ю^{50} - Ю^{25(II)}$	$Ю^{50} = 5_{-0,0025}$; $\Delta_H Ю^{25(II)} = -0,006$; $Z_{40}^{50}_{min} = 0,0125$.	$2Ю^{25(II)} = 9,955_{-0,012}$; $Z_{40}^{50}_{max} = 0,0225$.
$[Z_{24}^{45(II)}] = I^{45(I)} - 29^{15(II)}$, $24^{45(I)} - 29^{15(II)}$, $24^{45(II)} - I^{45(II)}$.	$I^{45(II)} = 19_{-0,035}$; $\Delta_H I^{45(I)} = -0,0055$; $29^{15(II)}, 24^{45(I)} = \pm 0,0025$; $29^{15(II)}, 24^{45(II)} = \pm 0,0015$; $Z_{24}^{45(II)}_{min} = 0,0016$.	$2I^{45(I)} = 38,0222_{-0,011}$; $Z_{24}^{45(II)}_{max} = 0,0186$.
$[Z_{24}^{45(I)}] = I^{40} - 29^{15(II)}$, $24^{40} - 29^{15(II)}$, $24^{45(I)} - I^{45(I)}$	$I^{45(I)} = 19,0111_{-0,0055}$; $\Delta_H I^{40} = -0,008$; $29^{15(II)}, 24^{40} = \pm 0,004$; $29^{15(II)}, 24^{45(I)} = \pm 0,0025$; $Z_{24}^{45(I)}_{min} = 0,0032$.	$2I^{40} = 38,0566_{-0,016}$; $Z_{24}^{45(I)}_{max} = 0,0287$.
$[Z_{27}^{45(I)}] = L^{40} - 29^{15(II)}$, $27^{40} - 29^{15(II)}$, $27^{45(I)} - L^{45(I)}$.	$L^{45(I)} = 16_{-0,0045}$; $\Delta_H L^{40} = -0,0065$; $29^{15(II)}, 27^{40} = \pm 0,003$; $29^{15(II)}, 27^{45(I)} = \pm 0,002$; $Z_{27}^{45(I)}_{min} = 0,0032$.	$2L^{40} = 32,0294_{-0,013}$; $Z_{27}^{45(I)}_{max} = 0,0242$.
$[Z_{24}^{40}] = I^{20(II)} - 29^{15(II)}$, $24^{20(II)} - 29^{15(II)}$, $24^{40} - I^{40}$.	$I^{40} = 19,0283_{-0,008}$; $\Delta_H I^{20(II)} = -0,0195$; $29^{15(II)}, 24^{40} = \pm 0,004$; $29^{15(II)}, 24^{20(II)} = \pm 0,0195$; $Z_{24}^{40}_{min} = 0,0125$.	$2I^{20(II)} = 38,1566_{-0,039}$; $Z_{24}^{40}_{max} = 0,076$.
$[Z_{27}^{40}] = L^{20(II)} - 29^{15(II)}$, $27^{20(II)} - 29^{15(II)}$, $27^{40} - L^{40}$.	$L^{40} = 16,0147_{-0,0065}$; $\Delta_H L^{20(II)} = -0,0165$; $29^{15(II)}, 27^{40} = \pm 0,003$; $29^{15(II)}, 27^{20(II)} = \pm 0,03$; $Z_{27}^{40}_{min} = 0,0125$.	$2L^{20(II)} = 32,1534_{-0,033}$; $Z_{27}^{40}_{max} = 0,1015$.
$[Z_{26}^{35}] = V^{15(II)} - 27^{10}$, $26^{15(II)} - 29^{15(II)}$, $27^{10} - 29^{15(II)}$, $27^{20(II)} - 27^{20(II)}$, $26^{35} - V^{35}$.	$V^{35} = 15_{-0,0065}$; $\Delta_H V^{15(II)} = -0,0165$; $29^{15(II)}, 27^{10} = \pm 0,0125$; $29^{15(II)}, 27^{20(II)} = \pm 0,03$; $27^{10}, 26^{15(II)} = \pm 0,0125$; $27^{20(II)}, 26^{35} = \pm 0,005$; $Z_{26}^{35}_{min} = 0,0125$.	$2V^{15(II)} = 30,153_{-0,033}$; $Z_{26}^{35}_{max} = 0,413$.
$[Z_{30}^{35}] = F^{15(II)} - 27^{10}$, $30^{15(II)} - 29^{15(II)}$, $27^{10} - 29^{15(II)}$, $27^{20(II)} - 27^{20(II)}$, $30^{35} - F^{35}$	$F^{35} = 12,5_{-0,0065}$; $\Delta_H F^{15(II)} = -0,0165$; $29^{15(II)}, 27^{10} = \pm 0,0125$; $29^{15(II)}, 27^{20(II)} = \pm 0,03$; $27^{10}, 30^{15(II)} = \pm 0,0125$; $27^{20(II)}, 30^{35} = \pm 0,005$; $Z_{30}^{35}_{min} = 0,0125$.	$2F^{15(II)} = 25,178_{-0,033}$; $Z_{30}^{35}_{max} = 0,1555$.

Продолжение таблицы 2.4

$[Z_{31}^{35}] = D^{15(II)} - 27^{10},$ $31^{15(II)} - 29^{15(II)},$ $27^{10} - 29^{15(II)},$ $27^{20(II)} - 27^{20(II)}, 31^{35} - D^{35}$	$D^{35} = 12_{-0,0065}; \Delta_H D^{15(II)} = -0,0165;$ $29^{15(II)}, 27^{10} = \pm 0,0125;$ $29^{15(II)}, 27^{20(II)} = \pm 0,03;$ $27^{10}, 31^{15(II)} = \pm 0,0125;$ $27^{20(II)}, 31^{35} = \pm 0,005;$ $Z_{31}^{35} \min = 0,0125.$	$2D^{15(II)} = 24,178_{-0,033};$ $Z_{31}^{35} \max = 0,555.$
$[Z_{28}^{30(III)}] = J^{30(II)} - J^{30(III)}.$	$J^{30(III)} = 24_{-0,072}; \Delta_H J^{30(II)} = -0,123;$ $Z_{28}^{30(III)} \min = 0,0125$	$J^{30(II)} = 24,1355_{-0,123};$ $Z_{28}^{30(III)} \max = 0,2075.$
$[Z_{41}^{30(III)}] = \mathcal{E}^{30(III)} - \mathcal{E}^{30(II)}$	$\mathcal{E}^{30(III)} = 8_{-0,022}; \Delta_H \mathcal{E}^{30(II)} = -0,058;$ $Z_{41}^{30(III)} \min = 0,0125$	$\mathcal{E}^{30(II)} = 7,9075_{-0,058};$ $Z_{41}^{30(III)} \max = 0,0925$
$[Z_{28}^{30(II)}] = J^{30(I)} - J^{30(II)}.$	$J^{30(II)} = 24,1355_{-0,123};$ $\Delta_H J^{30(I)} = -0,369;$ $Z_{28}^{30(II)} \min = 0,1$	$J^{30(I)} = 24,6045_{-0,369};$ $Z_{28}^{30(II)} \max = 0,592.$
$[Z_{41}^{30(II)}] = \mathcal{E}^{30(II)} - \mathcal{E}^{30(I)}.$	$\mathcal{E}^{30(II)} = 7,9075_{-0,058}; \Delta_H \mathcal{E}^{30(I)} = -0,22;$ $Z_{41}^{30(II)} \min = 0,1$	$\mathcal{E}^{30(I)} = 7,7875_{-0,22};$ $Z_{41}^{30(II)} \max = 0,178.$
$[Z_{33}^{25(II)}] = Z^{25(I)} - 24^{20(II)},$ $33^{25(I)} - 24^{20(II)},$ $33^{25(II)} - Z^{25(II)}.$	$Z^{25(II)} = 9,0455_{-0,009};$ $\Delta_H Z^{25(I)} = -0,0215;$ $24^{20(II)}, 33^{25(I)} = \pm 0,016;$ $24^{20(II)}, 33^{25(II)} = \pm 0,006;$ $Z_{33}^{25(II)} \min = 0,025$	$2Z^{25(I)} = 18,228_{-0,043};$ $Z_{33}^{25(I)} \max = 0,0995.$
$[Z_{40}^{25(II)}] = \text{Ю}^{25(II)} - \text{Ю}^{25(I)}$	$\text{Ю}^{25(II)} = 4,9775_{-0,006};$ $\Delta_H \text{Ю}^{25(I)} = -0,015;$ $Z_{40}^{25(II)} \min = 0,025.$	$2\text{Ю}^{25(I)} = 9,863_{-0,03};$ $Z_{40}^{20(II)} \max = 0,046.$
$[Z_{25}^{40(II)}] = \text{I}^{20(I)} - 29^{15(II)},$ $24^{20(I)} - 29^{15(II)},$ $24^{20(II)} - \text{I}^{20(II)}.$	$\text{I}^{20(II)} = 19,0783_{-0,0195};$ $\Delta_H \text{I}^{20(I)} = -0,08;$ $29^{15(II)}, 24^{20(I)} = \pm 0,04;$ $29^{15(II)}, 24^{20(II)} = \pm 0,015;$ $Z_{24}^{20(II)} \min = 0,05.$	$2\text{I}^{20(I)} = 38,5266_{-0,016};$ $Z_{24}^{20(II)} \max = 0,2595.$
$[Z_{27}^{20(II)}] = \text{L}^{20(I)} - 29^{15(II)},$ $27^{20(I)} - 29^{15(II)},$ $27^{20(II)} - \text{L}^{20(II)}.$	$\text{L}^{20(II)} = 16,0767_{-0,0165};$ $\Delta_H \text{L}^{20(I)} = -0,065;$ $29^{15(II)}, 27^{20(I)} = \pm 0,03;$ $29^{15(II)}, 27^{20(II)} = \pm 0,03;$ $Z_{27}^{20(II)} \min = 0,05.$	$2\text{L}^{20(I)} = 32,5034_{-0,13};$ $Z_{27}^{20(II)} \max = 0,2515.$

Продолжение таблицы 2.4

$[Z_{24}^{20(I)}] = I^{05} - 26^{05},$ $24^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 29^{15(II)},$ $27^{20(II)} - 29^{15(II)},$ $24^{20(I)} - I^{20(I)}.$	$I^{20(I)} = 19,2633_{-0,08};$ $\Delta_H I^{05} = -0,125;$ $29^{15(II)}, 24^{20(I)} = \pm 0,04;$ $26^{05}, 24^{05} = \pm 0,15$ $29^{15(II)}, 27^{20(II)} = \pm 0,03;$ $26^{05}, 27^{10} = \pm 0,125$ $Z_{24}^{20(I)}_{\min} = 0,2.$	$2I^{05} = 39,8666_{-0,25};$ $Z_{24}^{20(I)}_{\max} = 1,095.$
$[Z_{27}^{20(I)}] = L^{10} - 29^{15(II)},$ $27^{10} - 29^{15(II)},$ $27^{20(I)} - L^{20(I)}.$	$L^{20(I)} = 16,2517_{-0,065};$ $\Delta_H L^{10} = -0,105;$ $29^{15(II)}, 27^{20(I)} = \pm 0,03;$ $29^{15(II)}, 27^{10} = \pm 0,05;$ $Z_{27}^{20(II)}_{\min} = 0,2.$	$2L^{10} = 33,2734_{-0,21};$ $Z_{27}^{20(I)}_{\max} = 0,53.$
$[Z_{26}^{15(II)}] = V^{15(I)} - 27^{10},$ $26^{15(I)} - 27^{10},$ $26^{15(II)} - V^{15(II)}.$	$V^{15(II)} = 15,0765_{-0,0165};$ $\Delta_H V^{15(I)} = -0,165;$ $27^{10}, 26^{15(II)} = \pm 0,0125;$ $27^{10}, 26^{15(I)} = \pm 0,05;$ $Z_{26}^{15(II)}_{\min} = 0,05.$	$2V^{15(I)} = 30,708_{-0,33};$ $Z_{26}^{15(II)}_{\max} = 0,3565.$
$[Z_{29}^{15(II)}] = G^{15(I)} - 27^{10},$ $29^{15(I)} - 27^{10},$ $29^{15(II)} - G^{15(II)}.$	$G^{15(II)} = 12,5_{-0,0165};$ $\Delta_H G^{15(I)} = -0,165;$ $27^{10}, 29^{15(II)} = \pm 0,0125;$ $27^{10}, 29^{15(I)} = \pm 0,05;$ $Z_{26}^{15(II)}_{\min} = 0,05.$	$2G^{15(I)} = 25,555_{-0,33};$ $Z_{29}^{15(II)}_{\max} = 0,3565.$
$[Z_{30}^{15(II)}] = F^{15(I)} - 27^{10},$ $30^{15(I)} - 27^{10},$ $30^{15(II)} - F^{15(II)}.$	$F^{15(II)} = 12,589_{-0,0165};$ $\Delta_H F^{15(I)} = -0,165;$ $27^{10}, 30^{15(II)} = \pm 0,0125;$ $27^{10}, 30^{15(I)} = \pm 0,05;$ $Z_{30}^{15(II)}_{\min} = 0,05.$	$2F^{15(I)} = 25,733_{-0,33};$ $Z_{30}^{15(II)}_{\max} = 0,3565.$
$[Z_{31}^{15(II)}] = D^{15(I)} - 27^{10},$ $31^{15(I)} - 27^{10},$ $31^{15(II)} - D^{15(II)}.$	$D^{15(II)} = 12,089_{-0,0165};$ $\Delta_H D^{15(I)} = -0,165;$ $27^{10}, 31^{15(II)} = \pm 0,0125;$ $27^{10}, 31^{15(I)} = \pm 0,05;$ $Z_{31}^{15(II)}_{\min} = 0,05.$	$2D^{15(I)} = 24,733_{-0,33};$ $Z_{31}^{15(II)}_{\max} = 0,3565.$
$[Z_{37}^{15(II)}] = W^{15(II)} - 27^{10},$ $37^{15(II)} - 27^{10},$ $37^{15(I)} - W^{15(I)}.$	$W^{15(II)} = 4,2^{+0,0075};$ $\Delta_B W^{15(I)} = +0,045;$ $27^{10}, 37^{15(II)} = \pm 0,008;$ $27^{10}, 37^{15(I)} = \pm 0,03;$ $Z_{31}^{15(II)}_{\min} = 0,05.$	$2W^{15(I)} = 8,134^{+0,09};$ $Z_{31}^{15(II)}_{\max} = 0,1785.$

Продолжение таблицы 2.4

$[Z_{26}^{15(I)}] = V^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 27^{10},$ $26^{15(I)} - V^{15(I)}.$	$V^{15(I)} = 15,354_{-0,165};$ $\Delta_H V^{05} = -0,105;$ $27^{10}, 26^{05} = \pm 0,125;$ $Z_{26}^{15(I)}_{\min} = 0,1.$	$2V^{05} = 31,468_{-0,105};$ $Z_{26}^{15(I)}_{\max} = 0,37.$
$[Z_{29}^{15(I)}] = G^{05} - 24^{05},$ $29^{05} - 26^{05},$ $24^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 27^{10},$ $29^{15(I)} - G^{15(I)}.$	$G^{15(I)} = 12,7775_{-0,165};$ $\Delta_H G^{05} = -0,105;$ $27^{10}, 26^{05} = \pm 0,125;$ $26^{05}, 24^{05} = \pm 0,15;$ $Z_{26}^{15(II)}_{\min} = 0,05.$	$2G^{05} = 26,865_{-0,21};$ $Z_{29}^{15(I)}_{\max} = 1,27.$
$[Z_{30}^{15(I)}] = F^{05} - 24^{05},$ $30^{05} - 26^{05},$ $24^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 27^{10},$ $30^{15(I)} - F^{15(I)}.$	$F^{15(I)} = 12,8665_{-0,165};$ $\Delta_H F^{05} = -0,105;$ $27^{10}, 26^{05} = \pm 0,0125;$ $24^{05}, 30^{05} = \pm 0,125$ $27^{10}, 30^{15(I)} = \pm 0,125$ $Z_{30}^{15(I)}_{\min} = 0,1.$	$2F^{05} = 27,043_{-0,21};$ $Z_{30}^{15(I)}_{\max} = 1,27.$
$[Z_{31}^{15(I)}] = D^{05} - 24^{05},$ $31^{05} - 26^{05},$ $24^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 27^{10},$ $31^{15(I)} - D^{15(I)}.$	$D^{15(I)} = 12,3665_{-0,165};$ $\Delta_H D^{05} = -0,105;$ $27^{10}, 26^{05} = \pm 0,0125;$ $24^{05}, 31^{05} = \pm 0,125;$ $26^{05}, 24^{05} = \pm 0,15;$ $27^{10}, 31^{15(I)} = \pm 0,05$ $Z_{31}^{15(I)}_{\min} = 0,1.$	$2D^{05} = 26,043_{-0,21};$ $Z_{31}^{15(I)}_{\max} = 1,27.$
$[Z_{32}^{15(I)}] = S^{05} - 24^{05},$ $32^{05} - 26^{05},$ $24^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 27^{10},$ $32^{15(I)} - S^{15(I)}.$	$S^{15(I)} = 11_{-0,165}; \Delta_H S^{05} = -0,105;$ $27^{10}, 26^{05} = \pm 0,0125;$ $24^{05}, 32^{05} = \pm 0,125;$ $26^{05}, 24^{05} = \pm 0,15;$ $27^{10}, 32^{15(I)} = \pm 0,05$ $Z_{31}^{15(I)}_{\min} = 0,1.$	$2S^{05} = 23,31_{-0,21};$ $Z_{31}^{15(I)}_{\max} = 1,27.$
$[Z_{26}^{15(I)}] = Y^{05} - 24^{05},$ $34^{05} - 26^{05},$ $24^{05} - 26^{05},$ $27^{10} - 27^{10},$ $34^{15(I)} - Y^{15(I)}.$	$Y^{15(I)} = 8_{-0,055}; \Delta_H Y^{05} = -0,09;$ $27^{10}, 26^{05} = \pm 0,0125;$ $24^{05}, 34^{05} = \pm 0,1;$ $26^{05}, 24^{05} = \pm 0,15;$ $27^{10}, 34^{15(I)} = \pm 0,04$ $Z_{31}^{15(I)}_{\min} = 0,1.$	$2Y^{05} = 17,21_{-0,018};$ $Z_{31}^{15(I)}_{\max} = 1,075.$
$[Z_{24}^{05}] = I^0 - 24^0,$ $42^0 - I^0.$	$I^0 = 19,9333_{-0,125};$ $\Delta_H I^0 = -0,31;$ $24^0, 42^0 = \pm 0,25; Z_{24}^{05}_{\min} = 0,45.$	$2I^0 = 39,86_{-0,62};$ $Z_{24}^{05}_{\max} = 1,385.$

По полученным расчётам определяем заготовку – прокат сортовой, круглый, 5 класс точности – Круг 40-h12-B5 ГОСТ 2590-88 длиной 1м, диаметр 40.

2.4 Расчёт режимов резания

005 операция

Станок 16К20Ф3.

1 Подрезка торца (переход черногого точения).

По нормативам выбираем резец проходной отогнутый.

Глубина резания $t=0,5$ мм.

Рекомендуемую подачу при подрезке торца и принимаем имеющуюся по паспорту станка, $S=0,2$ мм/об.

Скорость резания при подрезке торца находим по формуле [3]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad \text{м/мин}, \quad (2.1)$$

где T – среднее значение стойкости, принимается $T=60$ мин;

C_v – постоянная, $C_v = 350$;

x, y, m – значения коэффициентов, при обработке стальных деталей:

$x = 0,15, y = 0,35, m = 0,20$.

K_v – общий поправочный коэффициент, влияющий на скорость резания

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ив} \cdot K_T \cdot K_\phi, \quad (2.2)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающего влияние физико-механических свойств стали на скорость резания значение^

$$K_{MV} = \frac{75}{\sigma_B} = \frac{75}{600} = 0,125;$$

$K_{ПV}$ – поправочный коэффициент учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания: $K_{ПV} = 1$;

$K_{ив}$ – поправочный коэффициент учитывающий влияние материала режущей части инструмента, при материале режущей части Т15К6: $K_{ив} = 1$;

$K_{\phi V}, K_{\phi 1V}, K_{RV}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров реза: $K_{\phi V} = 1, K_{\phi 1V} = 0,94, K_{RV} = 1,03$.

Определяем общий поправочный коэффициент по формуле [2]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ив} \cdot K_r \cdot K_\phi, \quad (2.3)$$

$$K_v = 1,125 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,03 = 0,121;$$

Находим скорость резания по формуле (2.1):

$$V = \frac{315}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,121 = 37,6 \text{ м/мин,}$$

Определяем силу резания при подрезке торца:

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н,} \quad (2.4)$$

где C_p – постоянная: $C_p = 300$;

x, y, m – значения коэффициентов, при обработке стальных деталей:

$x = 1, y = 0,75, z = -0,15$;

K_p – общий поправочный коэффициент, влияющий на скорость резания:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \quad (2.5)$$

где K_{MP} – коэффициент, учитывающего влияние физико-механических свойств стали на силу резания значение:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^n \quad (2.6)$$

$$\left(\frac{600}{75}\right)^{0,75} = 4,76;$$

$K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$, – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца: $K_{\varphi P} = 1, K_{\gamma P} = 1,1, K_{\lambda P} = 1, K_{rP} = 1$.

Определяем общий поправочный коэффициент:

$$K_p = 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1.$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 37,6^{-0,15} \cdot 1,1 = 287 \text{ Н.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле [3]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad \text{об/мин.} \quad (2.7)$$

$$\frac{1000 \cdot 37,6}{3,14 \cdot 40} = 329,4 \text{ об/мин.}$$

Принимаем по паспорту станка ближайшую частоту вращения $n = 315$ об/мин и пересчитаем скорость:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \quad \text{м/мин.} \quad (2.8)$$

$$\frac{3,14 \cdot 40 \cdot 315}{1000} = 39,56 \quad \text{м/мин.}$$

Определяем мощность резания (2.9):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad \text{кВт;} \quad (2.9)$$

$$\frac{287 \cdot 39,56}{1020 \cdot 60} = 0,18 \quad \text{кВт;}$$

$$N_{\text{ст}} = 2,8 \text{ кВт; } N_{\text{рез}} < N_{\text{ст}}$$

Определим основное время (2.10):

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S}, \quad \text{мин,} \quad (2.10)$$

где L – длина обработки.

Определяем основное время по формуле:

$$T_0 = \frac{15}{315 \cdot 0,2} = 0,24 \quad \text{мин.}$$

Результаты расчётов режимов резания сводим в таблицу 2.5

Таблица 2.5 – Режимы резания

№ операции	Расчитанные значения			Принятые значения		
	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6	7
05, переход 1	0,2	329,4	37,6	0,2	315	39,56
05, переход 2	0,1	503,7	40,5	0,1	500	10,91
05, переход 3	0,2	469	44,59	0,2	400	50,24
05, переход 4	0,1	257	22,9	0,1	250	31,29
10, переход 1	0,2	467,4	46,2	0,2	400	50,2
10, переход 2	0,1	508	6,5	0,1	500	10,91
15, переход 1	0,2	318	13,8	0,2	315	17,02

Продолжение таблицы 2.5

15, переход 2	0,1	509	56,2	0,1	500	62,75
15, переход 3	0,1	395	13,83	0,1	315	17,02
15, переход 4	0,08	754	13,33	0,05	630	16,62
15, переход 5	0,12	544	4,5	0,1	500	7,54
15, переход 6	1	156	1,6	1	100	2,18
15, переход 7	0,4	448	32,9	0,4	400	37,99
15, переход 8	0,4	454	29	0,4	400	29,27
20, переход 1	0,2	570	22,1	0,2	500	27,019
20, переход 2	0,15	661	76,1	0,15	630	79,06
20, переход 3	0,08	716	11,3	0,05	630	16,62
20, переход 4	0,1	567	5,9	0,1	500	7,54
20, переход 5	1	113	1,3	1	100	2,18
20, переход 6	0,2	414	36,2	0,2	400	40,38
20, переход 7	0,2	411	39,7	0,2	400	47,9
25, переход 1	20	–	29,2	20	–	34,7
30, переход 1	15	261	58,8	15	250	62,8
35, переход 1	0,2	479	17,2	0,2	400	21,6
35, переход 2	0,1	556	54,9	0,1	500	59,9
35, переход 3	1,5	132	5,1	1,5	125	6,28
40, переход 1	0,2	408	38,8	0,2	400	40,38
40, переход 2	0,1	679	72,2	0,1	630	75,48
45, переход 1	–	417	6,57	–	400	6,28
45, переход 2	–	417	6,57	–	400	6,28
50, переход 1	–	310	5,07	–	280	4,39

2.5 Нормирование операции

Нормирование операций производим по справочникам.

Рассмотрим операцию 005.

Основное (машинное) время складывается из всех переходов операции $T_0=5,37$ мин. Штучное время на операцию определяется по формуле [4]:

$$T_{шт} = T_0 + T_{вс} + T_{обс} + T_{орг} + T_{отд}, \quad (2.11)$$

где T_0 – основное (технологическое) время;

$T_{вс}$ – вспомогательное время;

T_T – время технического обслуживания;

$T_{орг}$ – время организационного обслуживания;

$T_{п}$ – время перерыва.

Вспомогательное время представляет сумму

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{изм}}, \quad \text{мин}, \quad (2.12)$$

где $T_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие детали;

$T_{\text{пер}}$ – время, связанное с переходом;

$T_{\text{изм}}$ – время на контрольные измерения .

Сумма $T_0 + T_{\text{всп}}$ есть $T_{\text{оп}}$ – оперативное время.

Вспомогательное время связанное с переходом, $T_{\text{пер}} = 0,11$ мин, включить вращение шпинделя кнопкой 0,015 мин,

Окончательно суммируя получаем $T_{\text{пер}} = 0,125$ мин.

Вспомогательное время связанное с измерением шаблоном, 0,024 мин. Получаем вспомогательное время первого перехода по формуле:

$$T_{\text{всп}} = 0,125 + 0,034 = 0,159 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время всей операции $T_{\text{всп}} = 2,7$ мин.

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{всп}}, \quad \text{мин}, \quad (2.13)$$

$$5,37 + 2,7 = 8,07 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на обслуживание рабочего места d процентах от оперативного 2,5 %, принимаем 0,20175 мин.

Время на отдых и личные надобности определяется в процентах от оперативного, $T_{\text{пер}} 5\%$, принимаем 0,4 мин. Таким образом, получаем штучное время:

Штучное время обработки станка с ЧПУ:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{отд}}}{100} \right), \quad \text{мин}, \quad (2.14)$$

где $T_{\text{ца}}$ – время автоматического цикла работы станка с ЧПУ

$$T_{\text{ца}} = T_0 + T_{\text{мв}}, \quad \text{мин}, \quad (2.15)$$

где $T_{\text{мв}}$ – машинно-вспомогательное время, связанное с переключением револьверной головки, перевод инструмента в рабочую позицию, учитывается при смене инструмента в операции (режимы рез), $T_{\text{мв}} = 0,066$ мин.

$\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{отд}}$ – время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности, приводится в процентах от оперативного времени [14],

$$\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{отд}} \approx 8\%$$

Вспомогательное время:

$$T_B = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}, \quad (2.16)$$

где – $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали, $T_{уст} = 0,14$ мин,

$T_{пер}$ – время, связанное с переходом $T_{пер} = 0,26$ мин;

$T_{изм}$ – время на контрольные измерения $T_{изм}$.

Во время $T_{уст}$ входит протирка от стружки детали, $T_{прот} = 0,074$ мин,

Время $T_{изм}$ представляет сумму времени затраченного на измерение поверхностей детали мерительным инструментом.

Нормирование производим для каждой операции.

Полученное время операций представлено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Нормирование операций

Операция нормирования	T_0	T_B	$T_{шт}$	$T_{пз}$
005	5,37	2,7	8,72	25
010	1,15	1,5	2,86	15
015	9,5	3,75	10,3	25
020	1,49	2,8	4,63	25
025	16,5	1,05	17	40
030	1,05	3,8	5,24	40
035	5,01	2,7	8,33	15
040	3,24	1,5	5,12	17
045	8,94	1	10,7	17
050	2,4	0,5	3,1	7

Для удаления заусенцев с поверхности детали после механической обработки используется электрохимический станок для удаления заусенцев модели 4406. На столе станка с размерами рабочей поверхности 320×250 мм одновременно устанавливаются 4 детали. Время обработки составляет 60с. Поэтому основное время обработки равняется 15 с.

На основании таблиц 2.5 – 2.6 оформляется технологический процесс механической обработки детали «Вал».

Выводы по второму разделу

В разрабатываемом варианте технологического процесса удалось повысить коэффициент использования материала за счет приближения формы заготовки к форме детали. Выполненный размерный анализ позволил получить оптимальные размеры заготовки и межоперационные размеры. Сформированы операции и назначены режимы резания, пронормированы технологические операции, разработан технологический процесс. Детально разработанная технологическая часть является основой для всех последующих разделов.

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Проектирование зажимного приспособления

3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Трехкулачковый патрон лишает пяти степеней свободы, упор в торец лишает одной степени свободы, упор с вращающимся центром лишает одной степени свободы. Остается шестая степень свободы – вращение детали вокруг оси, которая необходимо для обработки поверхности детали режимами резания.

Разработана теоретическая схема базирования, в соответствии с рисунком 3.1 позволяет лишить деталь пяти степеней свободы в процессе обработки.

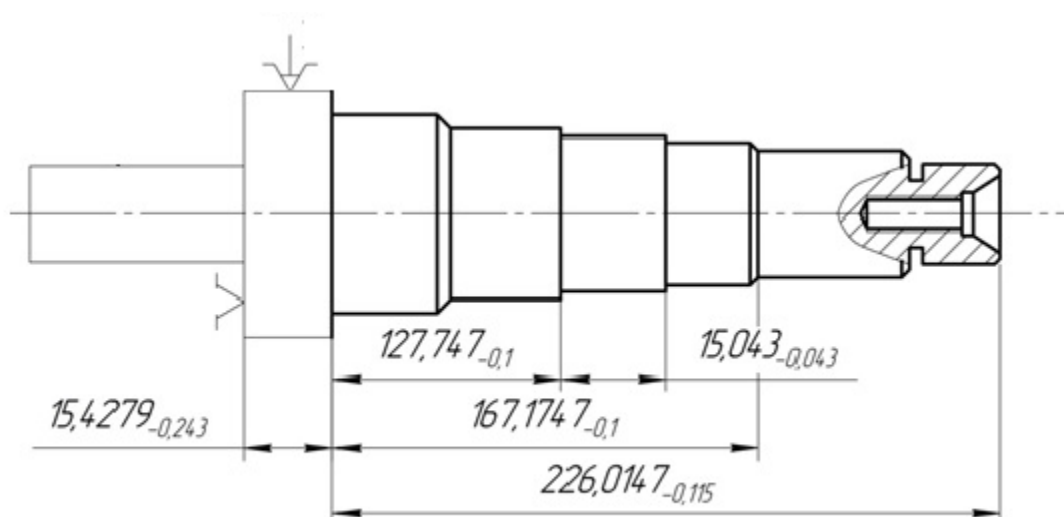


Рисунок 3.1 – Теоретическая схема базирования

3.1.2 Проектирование схемы приспособления

Проектируемое приспособление состоит из трёх основных узлов токарного патрона рычажного типа 1, вращающегося диафрагменного привода 2 и тяги 3.

Схема приспособления приведена в соответствии с рисунком 3.2.

Деталь устанавливается на кулачках патрона и зажимается при помощи диафрагменного привода посредством тяги.

Привод приводится в действие от воздушной сети с величиной давления $P = 0,4$ мПа.

- 1 – Патрон рычажный;
- 2 – Диафрагменный привод;
- 3 – Тяга.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

53

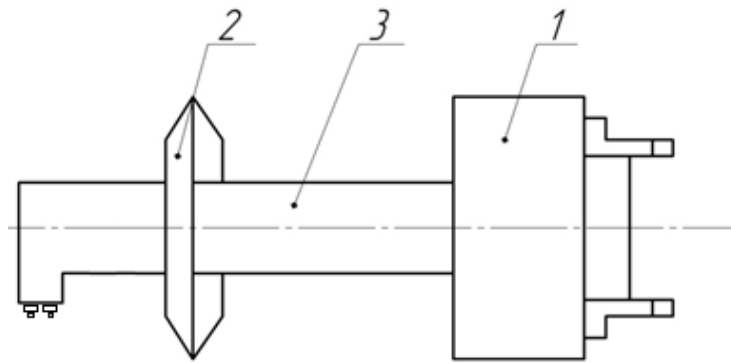


Рисунок 3.2 – Схема приспособления

3.1.3 Расчёт элементов приспособления

Расчётная схема приспособления приведена в соответствии с рисунком 3.3

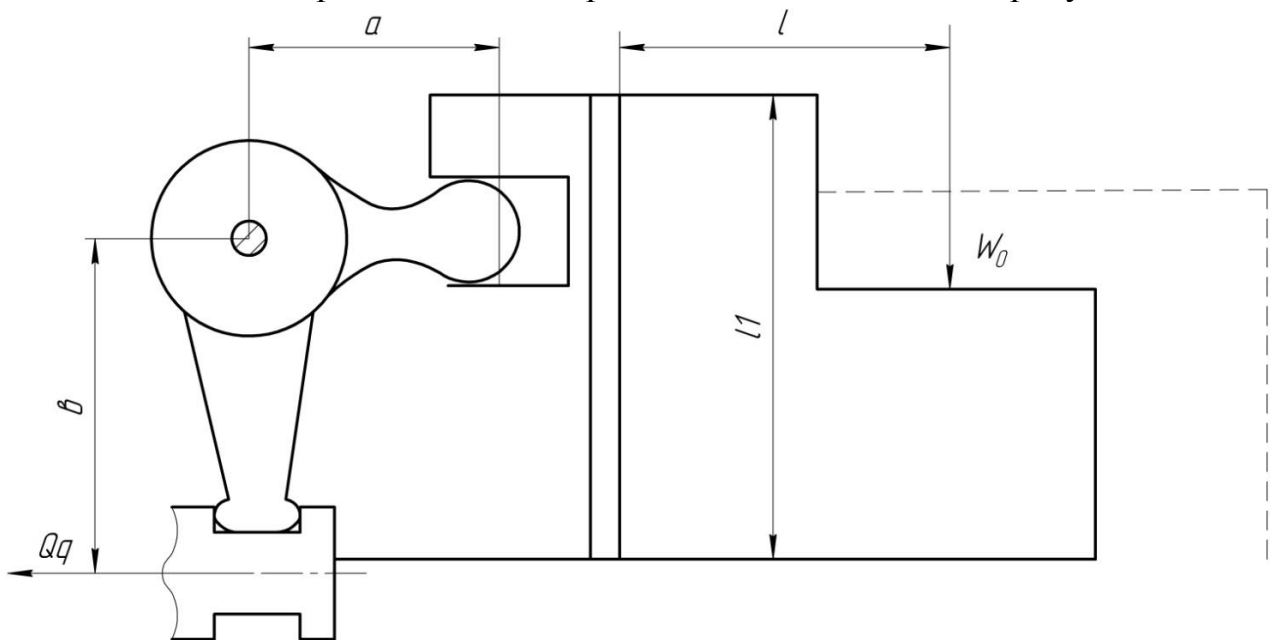


Рисунок 3.3 – Расчётная схема

Требуемая сила привода рассчитывается по формуле [7]:

$$Q = n \cdot K' \cdot (1 + 31/l1 \cdot f_1) \cdot a/b \cdot W_0. \quad (3.1)$$

где $n=3$ – количество кулачков;

$K'=1,05$ – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в паторне

$f_1=0,1$ – коэффициент трения в направляющих кулачков;

$l = 60$ мм – вылет кулачка от его опоры до центра приложения силы зажима;

$l1 = 150$ мм – длина направляющей части кулачка;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$a/b = 1/3$ – соотношение плеч рычага;
 W_0 – требуемая сила зажима на каждом кулачке.

$$W_0 = K \cdot P_2 (\sin_{\alpha/2}/nf) \cdot (D_1/D), \quad (3.2)$$

где $n = 3$ – количество;

$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$ – коэффициент запаса;

$K_0 = 1,5$ – гарантированный запас для всех случаев;

$K_1 = 1,2$ – для черновой обработки;

$K_2 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий затупление инструмента;

$K_3 = 1,2$ – при прерывистом резании;

$K_4 = 1$ – для механизированных приводов;

$K_5 = 1$ – коэффициент, учитывающий стремление повернуть деталь;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,6;$$

$\sin_{\alpha/2} = 1$ – при радиусных кулачках;

$f = 0,25$ – коэффициент трения;

$D_1 = 236$ мм – диаметр обрабатываемой поверхности;

$D = 214$ – диаметр зажигаемой поверхности;

P_2 – окружная сила резания;

$N = 4$ квт. мощность потребляемая при резании;

$$P_2 = (N_9 \cdot 60 \cdot 102)/V = 4 \cdot 60 \cdot 102/100 = 245 \text{ кг} \approx 2450 \text{ м};$$

$V = 100$ м/мин. – скорость резания.

$$W_0 = 2,6 \cdot 245 \cdot 1/(3 \cdot 0,25) \cdot (236/214) = 936 \text{ кг} \approx 9360 \text{ Н}$$

Усилие на штоке:

$$Q = 3 \cdot 1,05 \cdot (1 + 3 \cdot 60/150) \cdot 1/3 \cdot 936 = 2126 \text{ кг} \approx 21620 \text{ Н}$$

При давлении воздуха $P = 4 \text{ кг/см}^2 = 0,4 \text{ мПа}$ выбираем диафрагменный привод с мембраной из резины.

Диаметр мембраны 320 мм.

Усилие на штоке $P_1 = 2900 \text{ кг} \approx 29000 \text{ Н}$. в исходном положении при ходе штока $0,22D$

$P_1 = 2500 \text{ кг} \approx 25000 \text{ Н}$

Пневмопривод с данными характеристиками удовлетворяет усилию зажима.

Погрешность установки в трёхкулачковом патроне:

а) для радиального направления $E_1 = 0,03 \text{ мм}$;

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

б) для осевого направления $E_2 = 0,12$ мм.

3.1.4 Компоновка приспособления

Пневмопатрон изображен в соответствии с рисунком 3.4.

При осевом смещении муфты 5, три рычага 4 поворачиваются на осях 6. Муфта связана с приводом посредством тяги 11. Своими пятками рычаги заходят в соответствующие окна кулачков 3, которые получают перемещение в радиальных пазах корпуса патрона 2. Сменные накладные кулачки 8 крепятся к основным кулачкам с помощью винтов 16. Управляющее усилие на патрон передается через тягу 11 от вращающегося мембранного привода 1. Воздух к мембранному приводу подводится подводится через воздухоподводящую муфту 14.

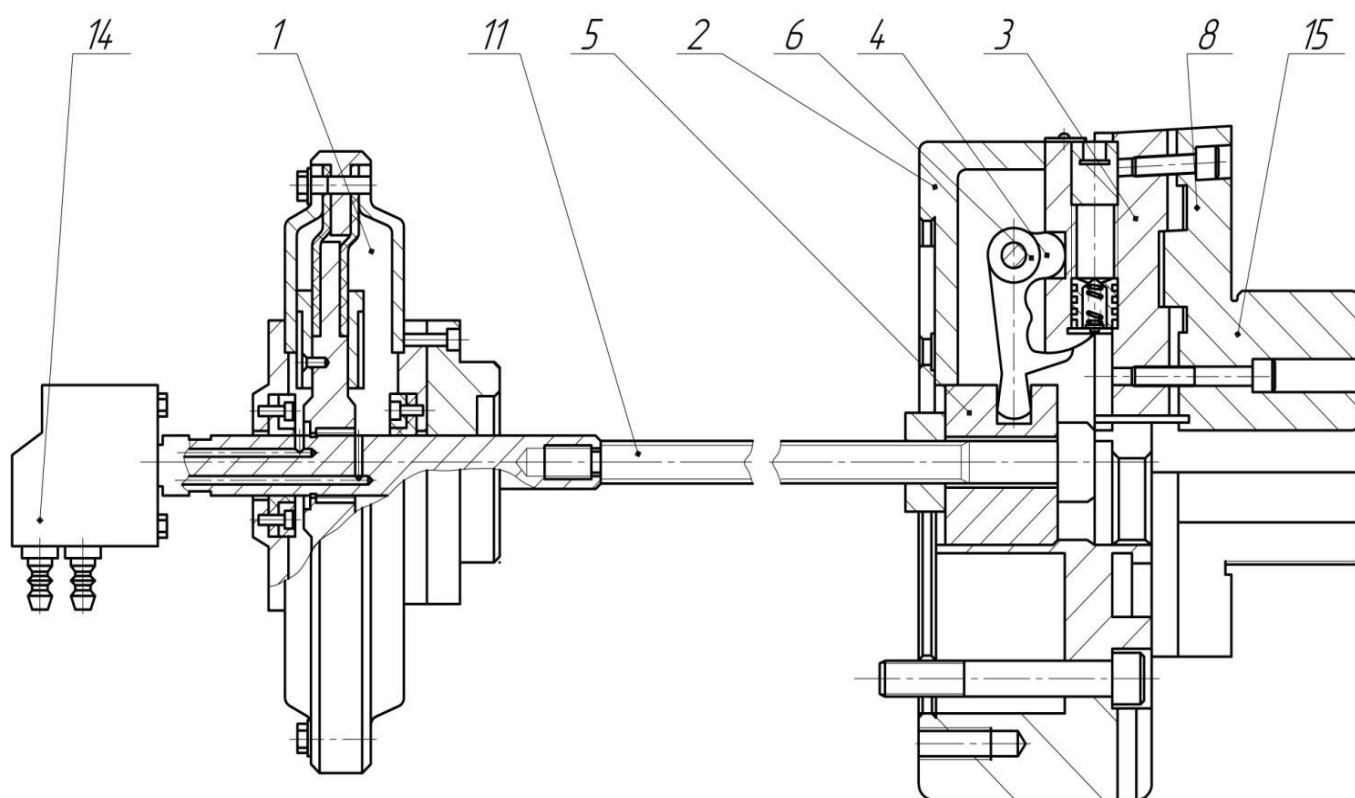


Рисунок 3.4 – Пневмопатрон

3.2 Расчет и проектирование фрезы шлицевой

В курсовом проекте предполагается использовать червячную фрезу для нарезания прямобоковых шлицов. Эта фреза повышает точность исполнения нарезанных шлицов и ускоряет процесс резания шлицов.

На валу нарезаны прямобоковые шлицы $6 \times 18 \times 22$ по ГОСТ 1139-80.

Определение оптимальных параметров профиля зубьев чистовой червячной фрезы для обработки прямозубого колеса [Киреев – Расчёт и проектирование зуборезных инструментов].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

56

В качестве критерия оптимизации принято повышение периода стойкости инструмента, зависящего от величины заднего угла в месте сопряжения боковой и вершинной режущих кромок. Ограничением служит требуемое качество зубчатых колес, нарезаемых с помощью этого инструмента: отсутствие интерференции профилей зубьев зацепляющихся колес, и, если требуется, то отсутствие подрезки профиля у основания зуба нарезаемого колеса [10].

Минимально допустимый угол профиля зуба червячной фрезы из условия минимально допустимого заднего угла на боковой режущей кромке:

$$\alpha_{\omega 0 \min} = \arcsin \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{бок}}}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{В}}} \quad (3.3)$$

где: $\alpha_{\text{бок}}$ – задний угол на боковой режущей кромке.

Рекомендуется: $\alpha_{\text{бок}} = 2^{\circ}30' \div 3^{\circ}$; $\alpha_{\text{В}} = 9^{\circ} \div 12^{\circ}$.

Предварительно принимаются значения угла профиля зубьев рейки в нормальном сечении $\alpha_{\omega 0}$ и радиус сопряжения боковой и вершинной режущих кромок равными: $\alpha_{\omega 0} = \alpha$; $r_z = 0,2m$.

Тогда радиус начальной окружности нарезаемого колеса при зацеплении его с червячной фрезой с углом профиля $\alpha_{\omega 0}$, в соответствии с рисунком 3.5:

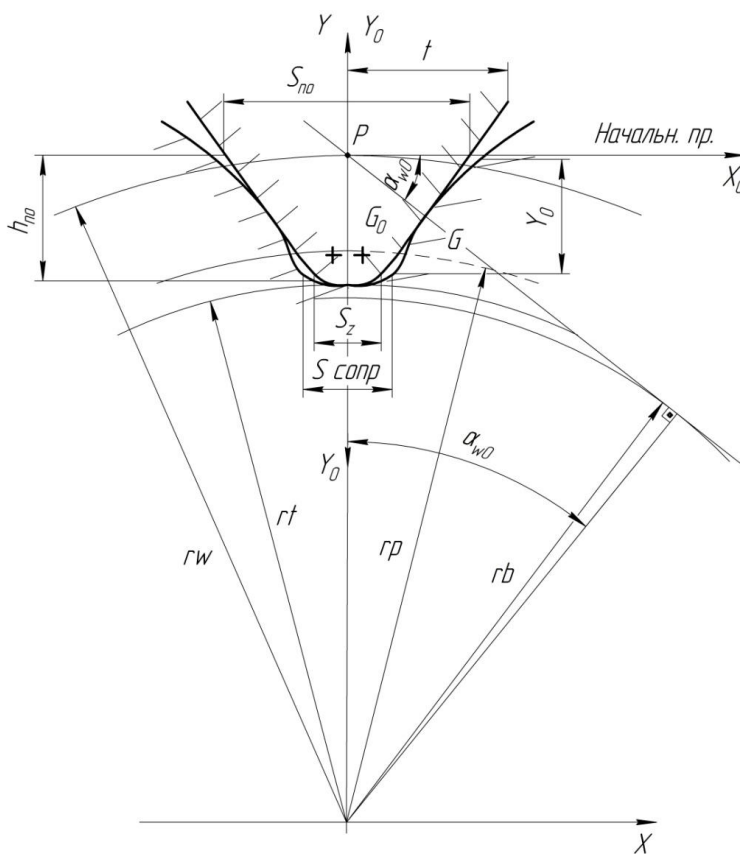


Рисунок 3.5 – Схема формирования эвольвентного зуба фрезы

$$r_{w1} = 0,5d_1 \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_{\omega 0}} \quad (3.4)$$

Высота профиля зуба фрезы от вершины зубьев до начальной прямой

$$h_{n0} = r_{w1} - 0,5d_{f1} \quad (3.5)$$

На рисунке 3.5 символы обозначают следующее:

r_z – радиус сопряжения боковой и вершинной режущих кромок зуборезной рейки;

$r_{\text{сопр}}$ – максимально возможный радиус закругления головки зуба фрезы, т.е. когда на вершине зубьев нет прямолинейного участка;

G_o – точка перехода от прямолинейной к дуговой части профиля зуба фрезы;

G – точка перехода от эвольвенты к переходной кривой зубчатого колеса.

Относительно системы координат $Y_0 P X_0$ ордината точки G_o – Y_{0G_o} , которую для краткости обозначим Y_0 , равна

$$Y_0 = [r_z(1 - \sin\alpha_{\omega 0})] - h_{n0} \quad (3.6)$$

Шаг зубьев червячной фрезы по нормали на начальной прямой

$$P_{w0} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{r_{w1}}{Z_1} \quad (3.7)$$

Толщина зуба фрезы по нормали на начальной прямой

$$S_{n0} = P_{w0} - 2r_{w1} \cdot \left(\frac{S_{n1}}{mz_1} + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_{\omega 0} \right) \quad (3.8)$$

Подрез ножки зуба колеса отсутствует, если выдерживается условие

$$r_{w1} \geq \frac{Y_0}{\sin^2\alpha_{\omega 0}} \quad (3.9)$$

Если условие не выполняется, а в требованиях к зубчатому колесу подрез зуба не допускается, то это значит, что с помощью червячной фрезы неопределенной установки такое зубчатое колесо изготовить нельзя, на этом расчет заканчивается. Если же подрез допускается, но только не на рабочей (активной) части профиля зубчатого колеса, то расчет продолжается.

Радиус окружности нарезаемого зубчатого колеса, определяющий границу активной части профиля зуба

$$r_p = \sqrt{(0,5d_1 \cdot \cos\alpha)^2 + \rho_p^2} \quad (3.10)$$

где ρ_p – радиус кривизны в точке активной части профиля зуба нарезаемого колеса, подсчитываемого по формуле

$$\rho_{pa} = a_w \cdot \sin\alpha_{tw} - 0,5 \cdot \sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2} \quad (3.11)$$

Угол профиля в точке активной части профиля зуба нарезаемого колеса. Угол поворота рассматриваемой точки от оси Y в соответствии с рисунком 3.6:

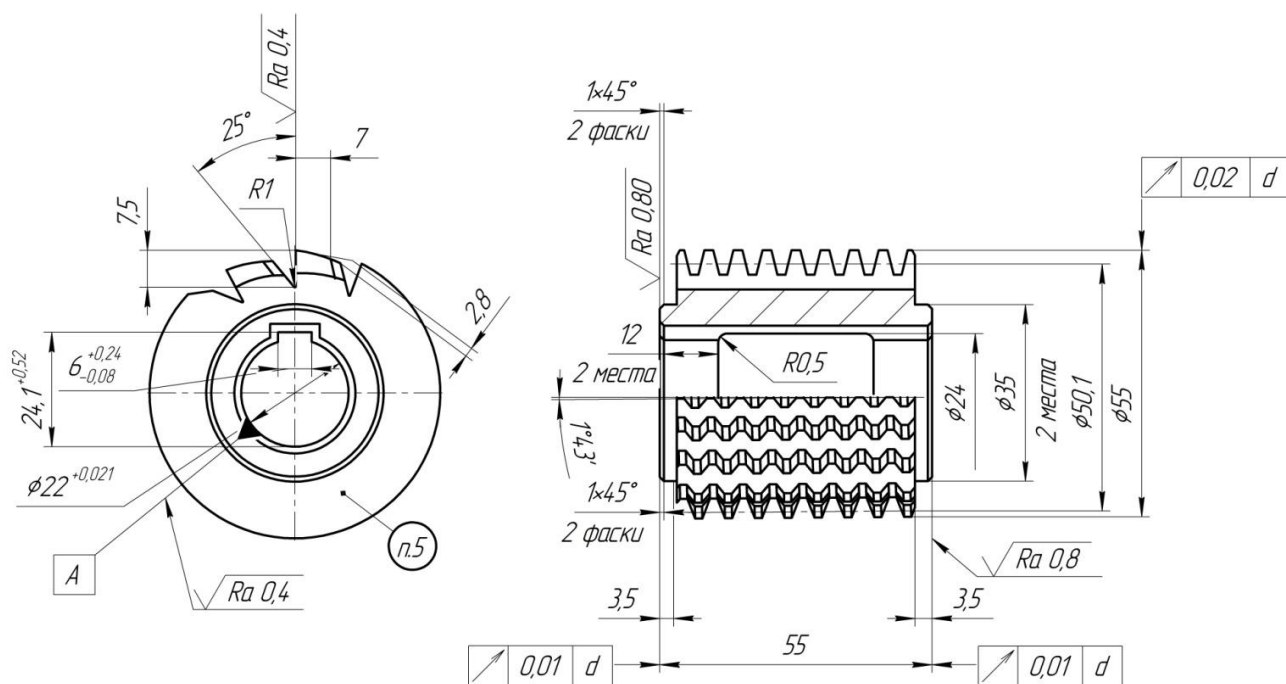


Рисунок 3.6 – Фреза шлицевая

$$\sigma_p = \alpha_{w0} - \alpha_p \quad (3.12)$$

Ордината точки профиля зуба фрезы, соответствующей (сопрягаемой) точке активной части профиля зуба колеса, т.е. рассматриваемой точки, относительно системы координат $Y_0 P X_0$:

$$Y_{op} = r_p \cdot \cos\sigma_p - r_{w1} \quad (3.13)$$

Толщина зуба фрезы S_2 (см. рисунок 3.6), соответствующая обработке активной части профиля зуба колеса:

$$S_z = S_{n0} - 2 \cdot Y_{op} \cdot \operatorname{tg}\alpha_{w0} \quad (3.14)$$

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

Максимально возможный для принятого значения угла профиля радиус закругления головки зуба фрезы (см. рисунок 3.4):

$$r_{\text{сопр}} = \frac{(0,5 \cdot S_{h0} - h_{h0} \cdot \text{tg}\alpha_{w0})}{\text{cos}\alpha_{w0}(1 - \text{sin}\alpha_{w0})} \quad (3.15)$$

Толщина зуба $S_{\text{сопр}}$, соответствующая $r_{\text{сопр}}$,

$$S_{\text{сопр}} = 2 \cdot r_{\text{сопр}} \cdot \text{cos}\alpha_{w0} \quad (3.16)$$

Отсутствие заострения головки зуба фрезы определяется условием:

$$S_{\text{сопр}} \geq S_z.$$

Если условие выполняется, то:

$$r_z = \frac{(h_{h10} + Y_{op})}{1 - \text{sin}\alpha_{w0}} \quad (3.17)$$

В противном случае:

$$r_z = r_{\text{сопр}} = \frac{S_{\text{сопр}}}{2\text{cos}\alpha_{w0}} \quad (3.18)$$

При допустимости подреза ножки зуба колеса следует проверить, не находится ли он (подрез) на активной части профиля зуба колеса, что недопустимо. Для решения этой задачи следует найти радиус окружности колеса, с которой начинается подрез, r_p и сравнить его с радиусом окружности колеса, соответствующей началу активной части профиля зуба колеса.

Толщину зубьев фрезы в нормальном сечении на делительной прямой

$$S_{t0} = S_{n0} + 2\text{tg}\alpha_{w0} \left(\frac{d_1 - d_n}{2} - h_{n0} \right) \quad (3.19)$$

При $\alpha_{w0} = \alpha$; $S_{t0} = S_{n0}$.

Диаметр начальной окружности фрезы в расчетном сечении $D_\omega = D_r - 2h_{n0}$.
Угол наклона винтовой линии червячной нарезки на начальном цилиндре:

$$\omega = \text{arctg} \frac{D_1}{D_w \cdot \text{tg}\omega_t} \quad (3.20)$$

Осовой шаг червячной нарезки фрезы:

$$P_{x0} = \frac{2\pi r_{w1}}{z_1 \cdot \cos\omega} \cdot i \quad (3.21)$$

При $\alpha_{\omega 0} = \alpha$; $P_{x0} = 2\pi r_{w1}/z_1 \cdot \cos\omega \cdot i$.

Приблизительно минимально допустимую длину рабочей части чистовой фрезы можно рассчитать по формуле:

$$l_p = [(d_{a1} \cdot \sin\alpha_{a1} - d_{w1} \cdot \sin\alpha_{wt0}) \cdot \cos\alpha_{wt0} \cdot \cos\psi] + P_{oc.0} \quad (3.22)$$

При проектировании чистовой фрезы для обработки косозубого колеса с оптимальными параметрами профиля зубьев фрезы первоначально следует определить приведенное число обрабатываемого и сопряженного колес по формулам:

$$z_{1\text{прив}} = \frac{z_1}{\cos^3\beta} \quad \text{и} \quad z_{2\text{прив}} = \frac{z_2}{\cos^3\beta} \quad (3.23)$$

В остальном параметры профиля зубьев фрезы можно рассчитать так же, как и для прямозубых колес.

3.3 Проектирование приспособления для контроля радиального биения

Выберем схему контроля радиального биения для детали типа вал в соответствии с рисунком 3.8 [10].

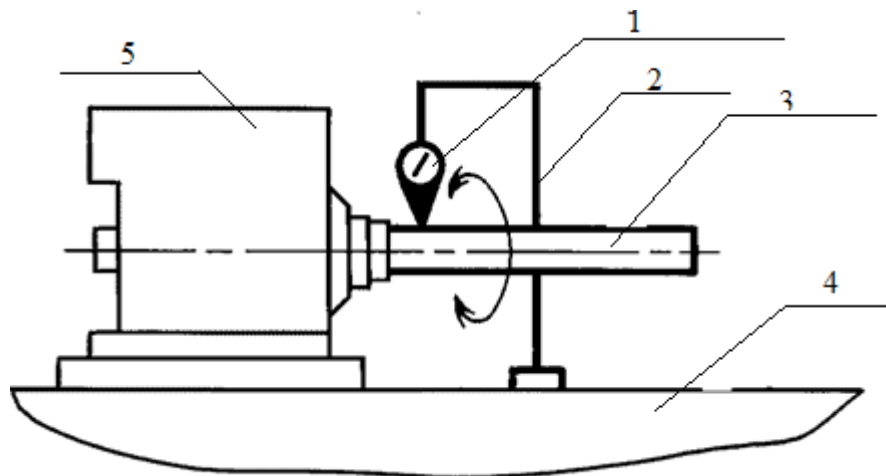


Рисунок 3.7 – Схема контроля радиального биения:
 1 – Индикатор; 2 – Стойка индикатора; 3 – Деталь типа вал;
 4 – Основание; 5 – Цанговый патрон

3.3.1 Компоновка контрольного приспособления

Контрольное приспособление изображено в соответствии с рисунком 3.8.

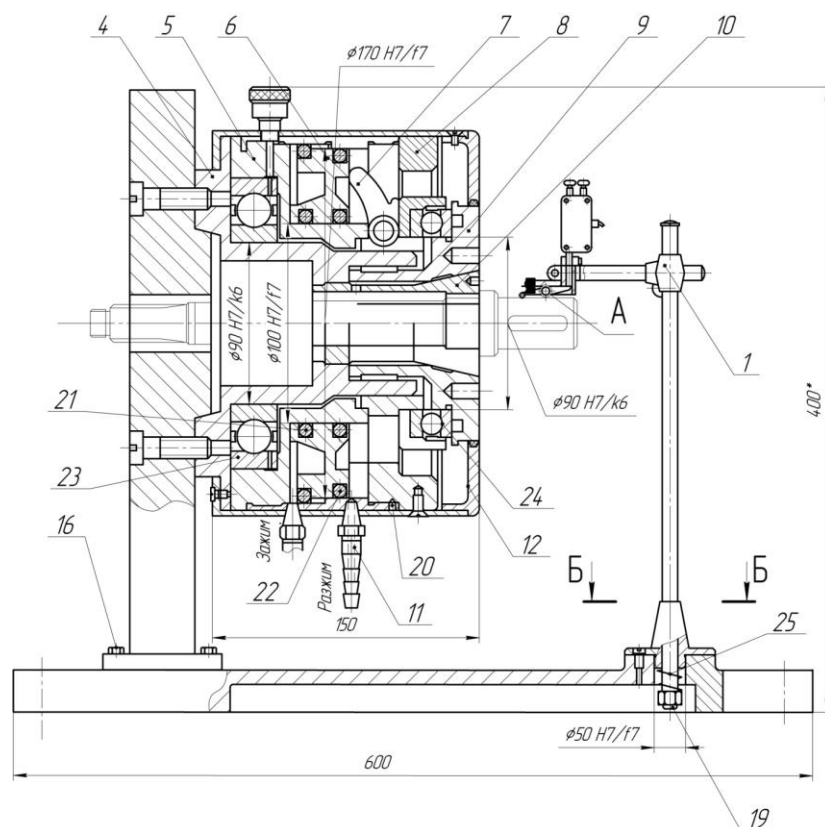


Рисунок 3.8 – Приспособление для контроля радиального биения

Контрольное приспособление для контроля допуска радиального биения состоит из основания поз. 2, на котором установлены при помощи стандартных крепежных изделий. С правой стороны установлена индикаторная стойка поз. 1 с закрепленным на ней информационным табло поз. 23 и с другой стороны на основании поз. 2 закреплен на плите поз. 3 цанговый патрон при помощи которого и происходит зажим контролируемой детали.

3.3.2 Принцип работы контрольного приспособления

Для закрепления детали (ее зажима) в приспособлении необходимо подать сжатый воздух через штуцер поз. 11, который расположен слева (ближе к плите поз. 3) под действием сил давления сжатого воздуха цилиндр поз. 6 начинает перемещаться вправо по внутреннему корпусу поз. 4 и перемещает затвор поз. 7, который давит на зажимное кольцо поз. 8, а оно в свою очередь зажимает цангу поз. 10. Вращение патрона обеспечивает два подшипника поз. 23 и поз. 24. При подаче воздуха в правый штуцер поз. 11 происходит разжим детали. Все перемещения деталей в патроне движутся в обратной последовательности в соответствии с рисунком 3.8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

62

3.3.3 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения поверхности вращения определяется из следующих составляющих:

– Погрешность за счет допуска биения детали. Допуск на биение базового отверстия (резьбовая поверхность) детали при изготовлении ограничен величиной $\Delta_1 = 0,009$ мм.

– Погрешность, вызываемая вариациями в показаниях индикатора, величина которых составляет $\Delta_2 = 0,0015$ мм.

– Погрешность установки оправки в основании ориентировочно $\Delta_3 = 0,0015$ мм.

– Допуск биения оправки приспособления $\Delta_4 = 0,005$ мм.

Предельная суммарная погрешность измерения биения торца детали относительно базового диаметра определяется по формуле [3]:

$$E_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2} \quad (3.24)$$
$$E_{\text{сум}} = \sqrt{0,009^2 + 0,0015^2 + 0,0015^2 + 0,005^2} = 0,012 \text{ мм.}$$

Зная величину предельно допустимого замера детали, то есть допуск перпендикулярности, можно определить величину относительной погрешности:

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{0,012}{0,004} = 0,3 = 30\%$$

Выводы по третьему разделу

В конструкторском разделе разработаны токарное приспособление, пневмопатрон, приспособление для контроля радиального биения, спроектирована шлицевая фреза.

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Определение количества оборудования и работающих

Исходные данные:

Определение годового приведенного выпуска детали, числа деталей в партии, норм штучно-калькуляционного времени.

Годовой приведённый выпуск деталей $N_{пр}$, т.е. условное количество типовых деталей, трудоемкость обработки которых равна трудоёмкости всех деталей, закреплённых за участком определяется исходя из производственной мощности участка и наиболее рационального использования оборудования по формуле [7]:

$$N_{пр} = M_r \cdot K_3 = \frac{F_d \cdot K_3 \cdot 60}{T_{шт} \cdot (1 + \alpha)}; \quad (4.1)$$

где M_r – годовая производственная мощность, шт;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования принимаем равным 0,86, что характеризует достаточно полное использование оборудования и наличие необходимого резерва времени;

F_d – действительный годовой фонд работы оборудования, F_d – 4015 часов;

$T_{шт}$ – норма штучного времени на ведущей операции для детали – представителя, $T_{шт} = 4,63$;

α – коэффициент допустимых потерь на переналадку, $\alpha = 0,08$.

$$N_{пр} = \frac{4015 \cdot 0,8 \cdot 60}{4,63 \cdot (1 + 0,08)} = \frac{192720}{5} = 38544 \text{ шт.}$$

Принимаем $N_{пр} = 40000$ шт.

Минимальное число деталей в партии определяется по формуле [7]:

$$n_{\partial} = \frac{T_{пз}}{T_{шт} \cdot \alpha}; \quad (4.2)$$

$$n_{\partial} = \frac{25}{4,63 \cdot 0,08} = 62,5 \text{ шт.}$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время на ведущей операции, $T_{пз} = 25$.

Расчётная величина партии корректируется таким образом, чтобы она была не менее подсменного выпуска деталей и кратна годовому выпуску.

Выпуск деталей за половину смены $1/2N$ см определяется из следующей зависимости:

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$$1/2N_{\text{см}} = \frac{T_{\text{оп.см}}}{2 \cdot T_{\text{оп}}}; \quad (4.3)$$

где $T_{\text{оп.см}}$ – оперативное время за смену, принимаем $T_{\text{оп.см}} = 300$ мин;
 $T_{\text{оп}}$ – норма оперативного времени на ведущей операции ($T_o + T_B$),
 $T_{\text{оп}} = 4,29$ мин.

$$1/2N_{\text{см}} = \frac{300}{2 \cdot 4,25} = 35,3 \text{ шт.}$$

Принимаем $n_{\text{д}} = 35$.

Норма штучно-калькуляционного времени $T_{\text{шк}}$ на операцию определяется по формуле:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{д}}}; \quad (4.4)$$

Для 005 операции:

$$T_{\text{шк}} = 8,72 + \frac{25}{35} = 9,4 \text{ мин.}$$

Расчёт норм штучно-калькуляционного времени для остальных операций представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчёты норм времени

№ опер	T_B , мин	$T_{\text{шт}}$, мин.	$T_{\text{пз}}$, мин.	$n_{\text{д}}$, шт.	$T_{\text{шк}}$, мин.
005	2,7	8,72	25	50	9,43
010	1,5	2,86	15		3,16
015	3,75	10,3	25		10,8
020	2,8	4,63	25		5,13
025	1,05	17,03	40		17,8
030	3,8	5,24	40		6,04
035	2,7	8,33	15		8,63
040	1,5	5,12	17		5,46
045	1	10,7	17		11,1
050	0,5	3,1	7		3,24

4.1.1 Определение количества оборудования

Определение потребного количества оборудования и коэффициента его загрузки.

Исходя, из трудоёмкости обработки годового приведённого выпуска по каждой операции рассчитывается потребное количество станков. Расчётное количество станков $C_{расч}$. на каждой операции определяется по формуле [6]:

$$C_{расч} = \frac{T_{шк} \cdot N_{пр}}{\Phi_d \cdot 60}; \quad (4.5)$$

Полученной значение $C_{расч}$ округляем до ближайшего целого числа, при этом получаем принятое число станков C_p для данной операции. Коэффициент загрузки оборудования K_3 на данной операции и средний коэффициент загрузки оборудования определяется по формулам:

$$K_3 = \frac{C_{расч}}{C_p}; \quad (4.6)$$

Результаты расчётов по операциям сведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчетов количества потребного оборудования

№ опер	Тип и модель станка	$N_{пр}$, шт	Φ , ч	$T_{шк}$, мин.	$C_{расч}$, шт.	C_p , шт.	K_3
005	16K20Ф3	40000	4015	9,43	1,53	2	0,76
010	СТ16K20/100			3,16	0,52	1	0,52
015	16K20Ф3			10,8	1,79	2	0,89
020	16K20Ф3			5,13	0,85	1	0,85
025	5350			17,8	2,96	3	0,99
030	6Н10			6,04	1	1	1
035	СТ16K20/100			8,63	1,43	2	0,71
040	3Е153			5,46	0,91	1	0,91
045	3450			11,1	1,85	2	0,93
050	верстак						
Итого:						15	

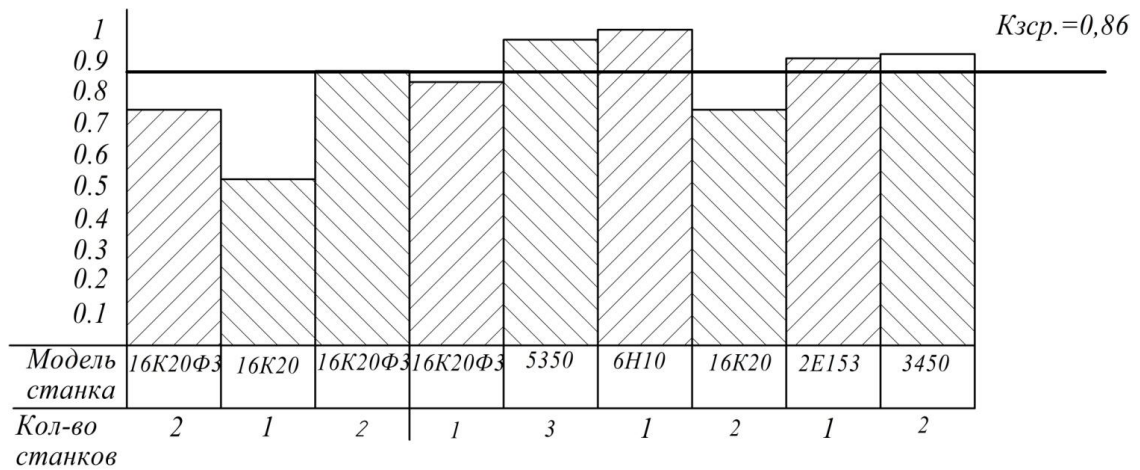


Рисунок 4.1 – График загрузки оборудования

4.1.2 Определение состава и количества работающих

Определение количества производственных рабочих.

Расчет численности производственных рабочих R_n производится по каждой профессии и разряду (по операциям), исходя из трудоемкости работ за год.

Расчет численности производственных рабочих по формуле [6]:

$$R_{n.расч} = \frac{T_{шк} \cdot N_{пр}}{\Phi_{др} \cdot 60 \cdot K_m} \quad (4.7)$$

где $\Phi_{др}$ – действительный годовой фонд времени производственного рабочего,
 $\Phi_{др} = 1860$ ч.

K_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

Расчетное значение коэффициента многостаночного обслуживания определяется по формуле

$$K_m = \frac{T_{ма} + T_{вн}}{T_{вн} + T_{вп} + T_n} \quad (4.8)$$

где $T_{ма}$ – машинное автоматическое время;

$T_{вн}$ – вспомогательное время, не перекрываемое машинным временем;

T_n – время на переход от одного станка к другому.

Произведем расчет коэффициента на примере 005 операции:

$$K_{m005} = \frac{8,72 + 2,2}{2,2 + 0,5 + 0,2} = 3,76$$

$$R_{n,расч} = \frac{9,43 \cdot 40000}{1860 \cdot 60 \cdot 3,76} = 0,89$$

Принимаем $R_{стр 005} = 1$ чел.

Расчет численности производственных рабочих-станочников для остальных операций ведется аналогично.

Результаты расчёта сведены в таблице 4.3.

На циклограмме в соответствии с рисунком 4.2 изображается время работы станка и рабочего для 005 операции, что дает представление о том, каким образом один рабочий может обслужит несколько станков, а также о полноте использования рабочего времени в пределах расчетного цикла.

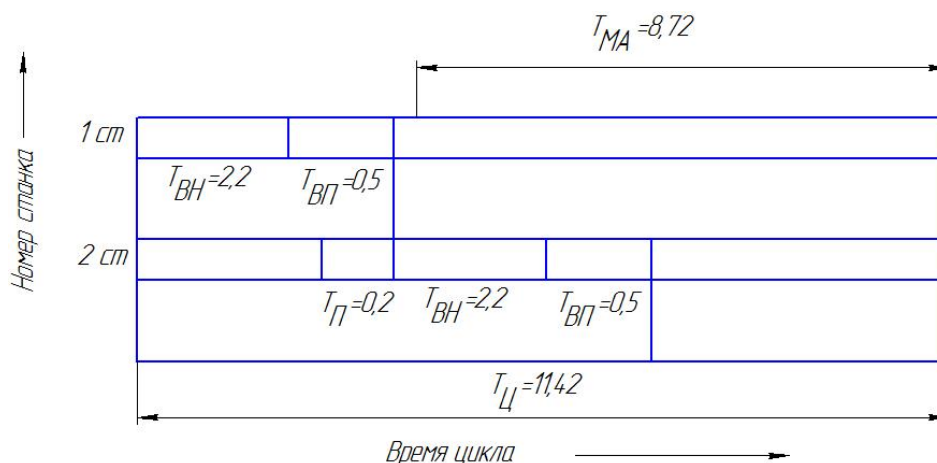


Рисунок 4.2 – Циклограмма многостаночного обслуживания

Таблица 4.3 – Расчет численности производственных рабочих-станочников

№ опер.	Сп, шт	Профессия рабочих	Фр, ч	К _М шт.	R _{ст} р, чел	Численность рабочих, чел		
						Всего R _{ст}	1 смена	2 смена
005	1	Оператор	1860	3,76	1,78	2	1	1
010	1	Токарь		1	0,46			
015	1	Оператор		4,2	1,52	2	1	1
020	1	Оператор		3,28	1,8			
025	1	Фрезеровщик		3	1,2	3	3	3
030	1	Фрезеровщик		1	0,42	2	1	1
035	1	Токарь		2	3,4	4	2	2
040	1	Шлифовщик		1	3,9	4	2	2
045	1	Шлифовщик		2	3,5	4	2	2
050	1	Слесарь		1	1,9	2	1	1

Итого: 14 чел.

Определение количества вспомогательных рабочих, инженерно – технических работников (ИТР) и служащих.

Численность вспомогательных рабочих определяют общим числом в зависимости от числа производственных рабочих. Для механических цехов среднесерийного производства численность вспомогательных рабочих составляет 25% .

$$R_{всп} = R_n \cdot 0,25 \quad (4.9)$$

$$R_{всп} = 14 \cdot 25 = 3,5 \text{ чел.}$$

Распределим вспомогательных рабочих по сменам: в первую смену 4 человек, во вторую – 4 человек.

К категории инженерно-технических работников (ИТР) механического цех относятся начальник цеха и его заместители, старшие и сменные мастера, технологи, механики, специалисты по вычислительной технике и системам управления и т.д.

По нормам, для массового типа производства при количестве основных станков до 50 штук для механических цехов число ИТР составляет 20-21% от числа производственных рабочих.

$$R_{ИТР} = 0,2 \cdot R_{ст} = 0,2 \cdot 14 = 2,8 \quad (4.10)$$

Принимаем $R_{итр} = 3$ чел.

Число служащих механических цехов определяют по нормам в зависимости от числа производственных рабочих. Для механических цехов среднесерийного производства 1,9%.

$$R_{служ} = R_{ст} \cdot 0,19; \quad (4.11)$$

$$R_{служ} = 14 \cdot 0,19 = 0,26 \text{ чел.}$$

Принимаем $R_{служ} = 1$ чел.

Общее число человек, работающих на участке, составляет сумму

$$R_{ст} + R_{всп.} + R_{итр} + R_{сл} = 14 + 4 + 3 + 1 = 22 \text{ чел.}$$

4.2 Выбор типов и определение количества транспортных средств

Межоперационное транспортирование мелких и средних деталей в данном случае (вес обрабатываемой детали 1,24 кг, деталь – вал) может осуществляться в тележках, движущихся по узким путям, которые проходят перед рабочим. С помощью тележек можно обслуживать станки с разной высотой загрузки. Для удоб-

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

ства обслуживания станков путь оборудуют поворотными и откидными секциями для прохода рабочих.

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.

Перевозка заготовок со склада завода или из заготовительных цехов осуществляется электротележками.

4.2.1 Выбор и определение необходимого количества мостовых кранов

Потребное количество кранов определяют по формуле:

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \cdot \frac{\left(\frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_z + t_p\right)}{\Phi_n \cdot K_i}; \quad (4.12)$$

где: D – количество перевезенных грузов (контейнеров с деталями) на годовую программу выпуска N деталей.

$$D = \frac{N \cdot G_i}{G_k}; \quad (4.13)$$

где $G_i = 1,24$ 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;

$V_{cp} = 0,5 \frac{км}{ч} = 8,3$ м/мин. – 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.

$$D = \frac{40000 \cdot 1,24}{400} = 124.$$

$$K = \frac{124 \cdot 2}{240 \cdot 2} \cdot \frac{\left(\frac{40}{8,3} + 2 + 2\right)}{480 \cdot 0,85} = 0,02 \approx 1.$$

Коэффициент загрузки крана $K_{зкр}$ по времени

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$$K_{з\text{кр}} = \frac{K}{K_n}; \quad (4.14)$$

$$K_{з\text{кр}} = \frac{0,5}{1} = 0,5.$$

Принимаем 1 мостовой кран ККЗ КМОО-1 на участке.

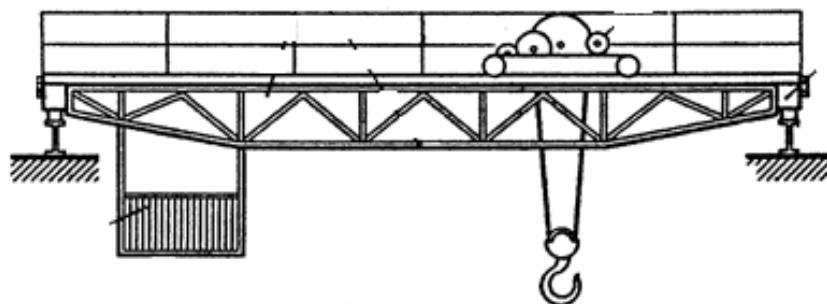


Рисунок 4.3 – Схема мостового крана

4.2.2 Определение необходимого количества электротележек

Потребное количество электротележек определяется по формуле:

$$T = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot \Phi_{и} \cdot m \cdot K_i} \cdot \left(\frac{l_{ср}}{V_{ср}} + t_з + t_p \right); \quad (4.15)$$

где: $Q = 40000$ шт. – годовой грузопоток заготовок;

$q = 100$ шт. – заполнение электротележки за один рейс;

$i = 11$ – количество транспортных операций с грузом на один рейс;

$\Phi_{и} = 2070$ часов. – номинальный годовой фонд времени электротележки в одну смену;

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

$l_{ср} = 84$ м. = 0,084 км. – средний пробег электротележки за один рейс туда и обратно;

$V_{ср} = 8,3$ км/ч. = 116 м/мин. средняя скорость электротележки;

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

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

$$T = \frac{40000 \cdot 12}{100 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 2 \cdot 0,85} \cdot \left(\frac{84}{8,3} + 10 + 10 \right) = 0,66 \approx 1.$$

Принимаем 1 электротележку ЭТМ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

71

Характеристики электротележку ЭТМ.

Грузоподъёмность – 1 т.

Длинна – 1100.

Ширина – 700.

Скорость с грузом – 7–8. км/ч.

Скорость без груза – 10–11. км/ч.

Изготовитель – СНГ.

4.3 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:

$$F_{сз} = Q \cdot t / (260 \cdot q \cdot K_{и}); \quad (4.16)$$

где Q – масса заготовок годового объема выпуска, $Q = 5000$ кг;

q – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр, $q = 1$ кН/м²;

t – среднее количество рабочих дней, в течении которых заготовки хранятся на складе до поступления на обработку, $t = 2,5$ дней;

$K_{и}$ – коэффициент использования площади, $K_{и} = 0,3$.

$$F_{сз} = 5000 \cdot \frac{2}{260 \cdot 1 \cdot 0,3} = 18,4 \text{ м}^2;$$

Принимаем $F_{сз} = 19 \text{ м}^2$.

Местом накопления и хранения окончательно обработанных деталей, ожидающих поступления на сборку, является промежуточный склад.

Потребную площадь для промежуточного склада рассчитывают по формуле:

$$F_{сд} = Q \cdot t_1 / (260 \cdot q_1 \cdot K_{и}); \quad (4.17)$$

где Q – масса деталей годового объема выпуска, $Q = 1,2$ т;

q_1 – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр, $q_1 = 10$ кН/м²;

t_1 – число рабочих запаса, $t_1 = 2,5$ дней;

$K_{и}$ – коэффициент использования площади, $K_{и} = 0,3$;

$$F_{сд} = 1200 \cdot \frac{5}{260 \cdot 1 \cdot 0,3} = 22,6 \text{ м}^2$$

Принимаем $F_{сд} = 4 \text{ м}^2$.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

4.4 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 [6]:

$$F = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3; \quad (4.18)$$

где n_1, n_2, n_3 – количество станков соответственно мелких, средних и крупных, $n_1 = 4, n_2 = 5, n_3 = 6$

q_1, q_2, q_3 – удельная площадь, приходящая соответственно на один мелкий, средний и крупный станок, $q_1 = 12 \text{ м}^2, q_2 = 25 \text{ м}^2, q_3 = 45 \text{ м}^2$. по табл. 2.9 [7].

$$F = 7 \cdot 12 + 7 \cdot 25 = 259 \text{ м}^2.$$

Количество стружки на 1 м² цеха по формуле:

$$Q = (M_3 - M_d) \cdot \frac{N_{\text{пр}}}{F} \cdot 1000; \quad (4.19)$$

$$Q = (3 - 1,24) \cdot \frac{40000}{259 \cdot 1000} = 0,29 \approx 0,3.$$

Так как $Q = 0,3 \text{ т}$ принимаем комбинированную систему транспортирования стружки (система К от 0,3 до 0,65) [6], предусматриваются линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера в углублении на подъемнике. Заполненная стружкой тара вывозится на накопительную площадку или участок переработки. Основные характеристики ленточного конвейера представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Основные характеристики ленточного конвейера

Ширина ленты, мм	Скорость движения ленты, м/сек.	Производительность, м ³ /сек	Момент крутящий, н/м	Мощность привода, кВт
500	0,63-2,0	63-200	360-6800	до 45

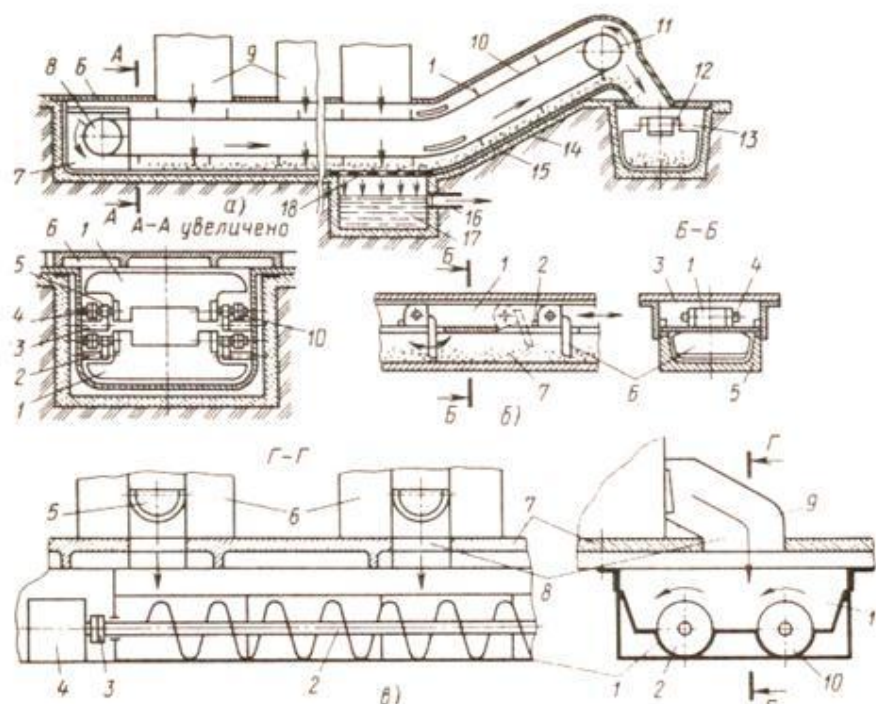


Рисунок 4.4 – Эскиз ленточного конвейера

4.5 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 рабочих. Основные из них следующие: доступ к рабочим местам, близость комнат курения и туалетов, хорошее освещение, достаточный обмен воздуха.

Планировка участка, выполненная в масштабе 1:100 представлена в соответствии с рисунком 4.5.

После расстановки оборудования получили фактическую площадь: длина участка $L=42$ м, ширина участка $l=18$ м.

Фактическая площадь определяется по формуле [7]:

$$F = L \cdot l; \quad (4.20)$$

$$F = 42 \cdot 18 = 756 \text{ м}^2$$

Расчетная площадь равна, $F_{\text{расч}} = 443 \text{ м}^2$

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

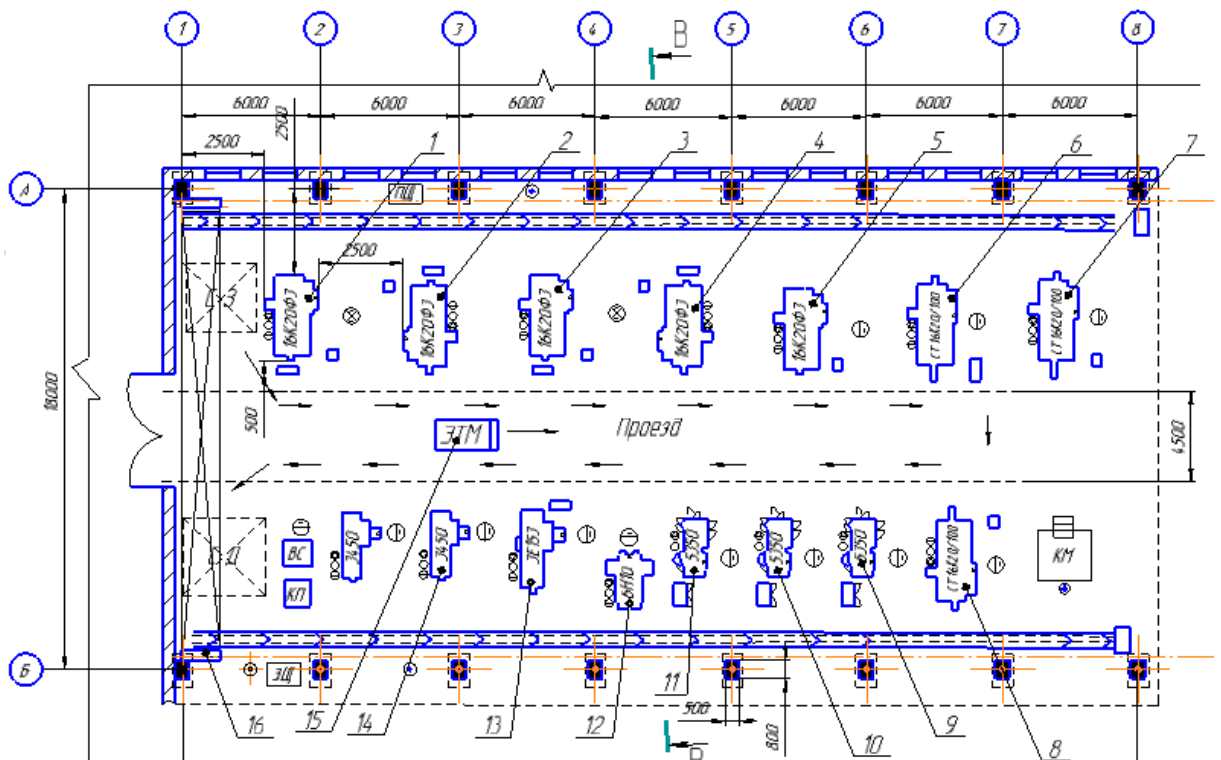


Рисунок 4.5 – Планировка участка

4.6 Организация рабочих мест

Основной задачей проектирования рабочего места является создание такой конструкции организационной оснастки и такого расположения оборудования, заготовок, готовых деталей и оснастки, при которых отсутствуют лишние нерациональные движения и приёмы (повороты, нагибания, приседания и т.д.), максимально сокращаются расстояния перемещения рабочего.

На рисунке 4.6 представлена примерная схема организации рабочего места шлифовщика, обслуживающего плоскошлифовальный станок. Перед станком 1 расположена решетка (подставка) под ноги 3 и стул 4 для отдыха. Слева от него установлен контрольный столик 2 для измерительного инструмента, а справа — приемный стол 5 и стеллаж 6 для приспособлений с выдвижной платформой. Сверху стеллажа установлена кассета 7 для хранения абразивного инструмента. Справа от станка размещена гидростанция 8 и электрический шкаф 9, а слева — бак 10 для СОЖ.

Рабочее место шлифовщика оснащают устройством для принудительного отсасывания пыли, чтобы избежать ранения глаз рабочего абразивными зёрнами при правке шлифовальных кругов. В шлифовальных станках, работающих без применения СОЖ, должна быть предусмотрена возможность подсоединения к ним местной вытяжной вентиляционной системы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

75

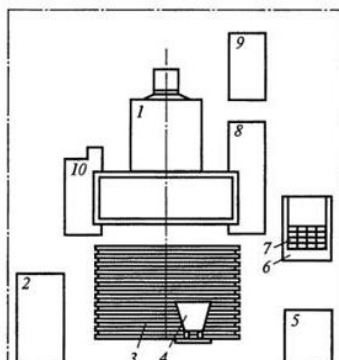


Рисунок 4.6 – Планирование рабочего места шлифовальщика

4.7 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:

- 1) ширина пролета L – расстояние между продольными осями колонн.
- 2) шаг колонн t – расстояние между их поперечными осями.
- 3) 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.

Исходя из максимальной высоты $h_1 = 5.65$ м. оборудования, минимального расстояния $h_2 = 1$ м. между оборудованием и перемещаемым грузом, а также высоты транспортируемых грузов $h_3 = 1$ м., крана $h_4 = 2$ м., определяют высоту до головки подкранового рельса H_k :

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4; \quad (4.22)$$

$$H_k = 5,65 + 1 + 1 + 2 = 9,65 \text{ м.}$$

Принимаем $H_k = 9,65$ м. Тогда высота цеха $H = 12,6$ м.

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. При высоте пролетов 8,4...10,8 м., оборудованных мостовыми кранами с грузоподъемностью $Y_{от}$, ставят колонны прямоугольного сечения (500 × 800 мм.) серии КЭ-01-49.

Основные размеры колонн приведены в соответствии с рисунком 4.7.

Длина колон составляет 12,6.

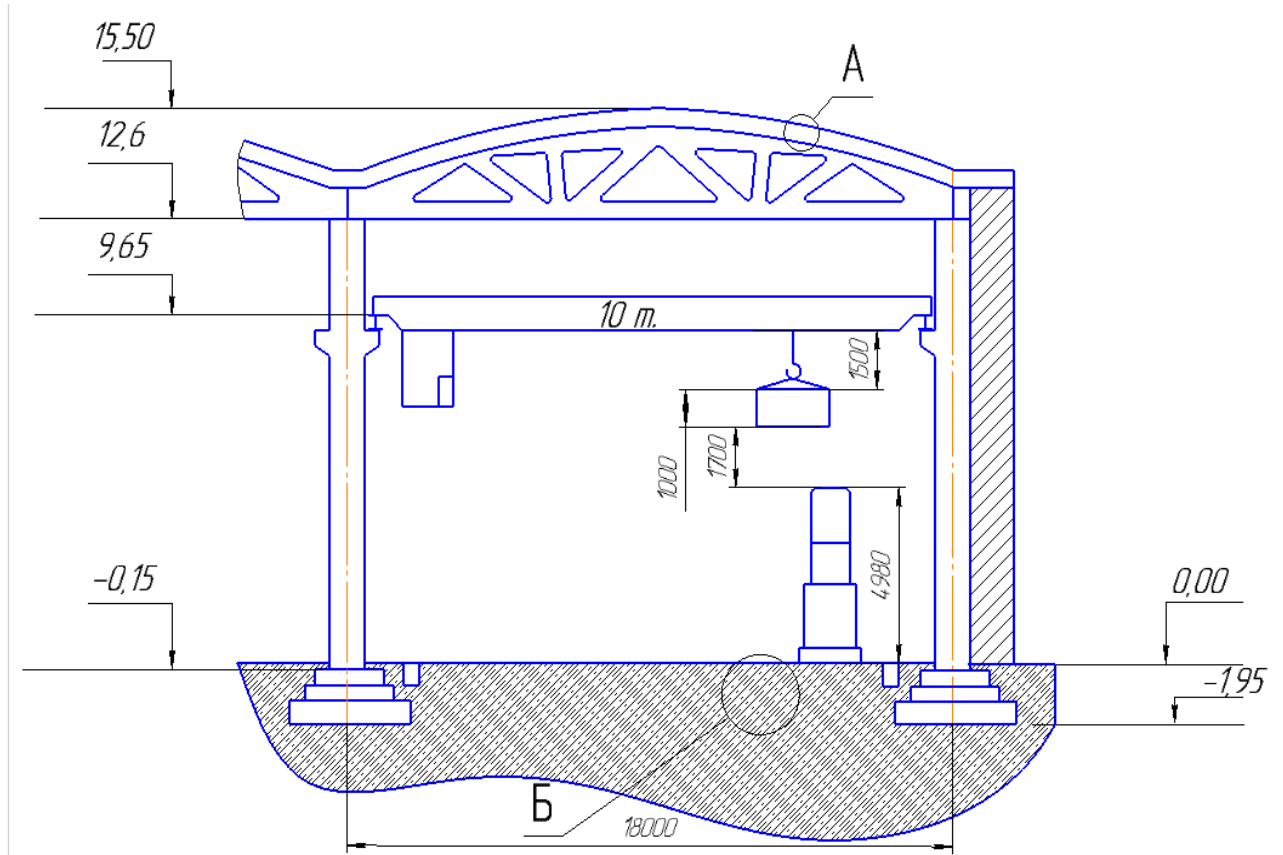


Рисунок 4.7 – Поперечный разрез здания

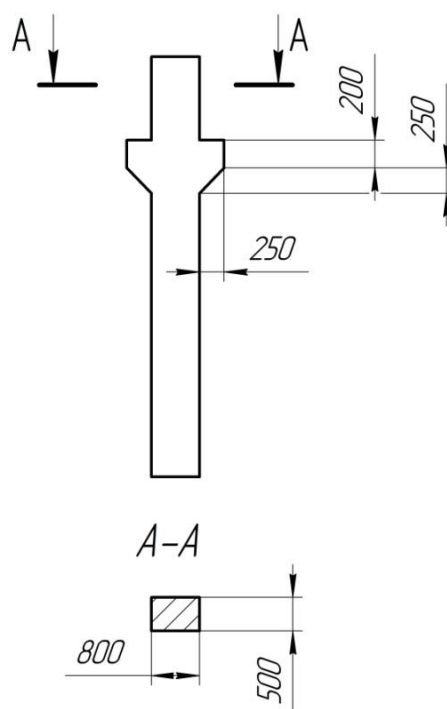


Рисунок 4.8 – Колонны для зданий

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

77

К несущей конструкции одноэтажных промышленных зданий относятся фермы, которые изготавливаются сборными железобетонными или стальными. Форма и габаритные размеры железобетонных ферм приведены на рисунке 4.9.

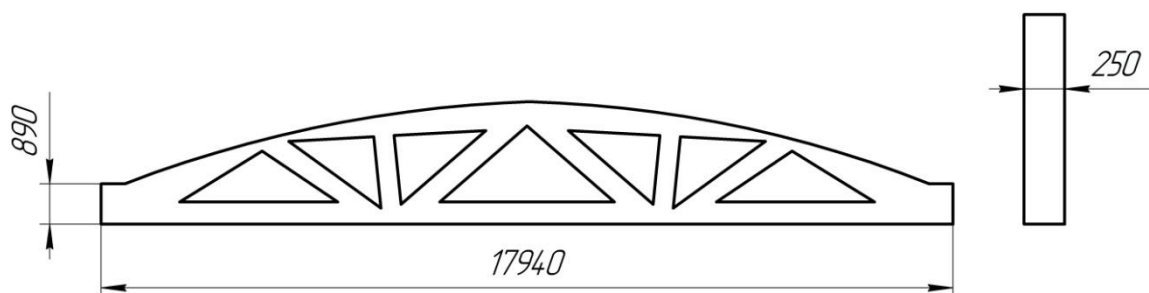


Рисунок 4.9 – Габаритные размеры железобетонных ферм

Фундаменты под колонны зданий представляют собой отдельно стоящие железобетонные ступенчатые конструкции, на которые устанавливаются также железобетонные фундаментные балки под стены. Верхняя плоскость фундамента располагается на 150 мм ниже уровня пола, отметка подошвы фундамента - 1,95 м. Размеры фундаментов и сечений колонн серии КЭ-01-49 приведены в таблице 6. Форма фундамента под колонны приведена в соответствии с рисунком 4.10.

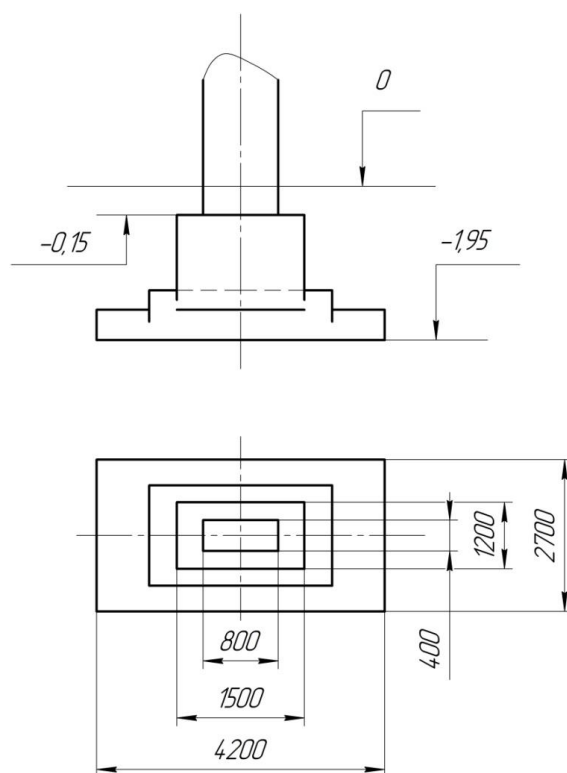


Рисунок 4.10 – Фундамент под колонны серии КЭ-01-49

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

78

При оформлении поперечного разреза необходимо выбрать конструкцию пола и кровли. Оборудование участка в основном устанавливается непосредственно на полу. Поэтому полы представляют собой многослойную конструкцию, заключающую утрамбованный грунт, надежную бетонную подготовку толщиной 200...300 мм, песчано-цементную стяжку для выравнивания, слой гидроизоляции, а также покрытие пола. В качестве верхнего покрытия пола выбираем мраморную плитку.

Оборудование участка в основном устанавливают на полу. Поэтому полы в цехах представляют собой многослойную конструкцию в соответствии с рисунком 5, включающую утрамбованный грунт, надежную бетонную подготовку, песчано-цементную стяжку для выравнивания, слой гидроизоляции, а также покрытие пола — плитки из мраморной крошки.

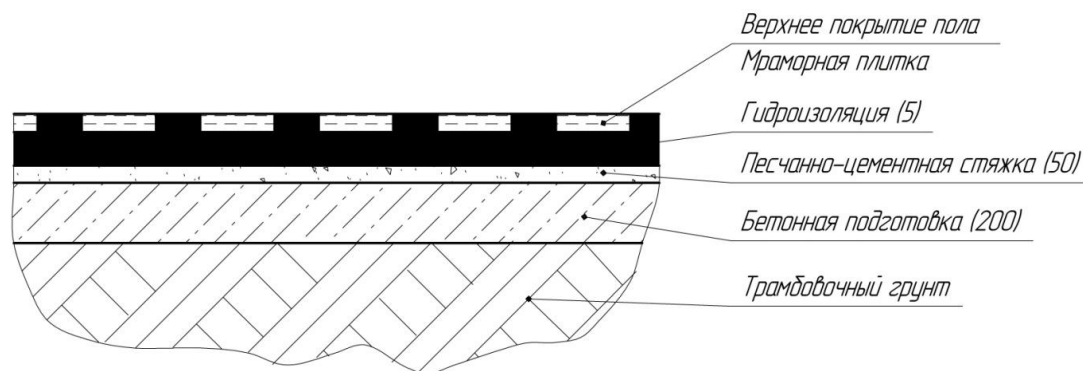


Рисунок 4.11 – Конструкция полов одноэтажного здания

Кровля производственного здания состоит из сборных настилов, укладываемым по фермам. Несущий настил при шаге строительных конструкций в шесть метров выполняется из унифицированных железобетонных плит с номинальными размерами 1,5 × 6 м в соответствии с рисунком 4.12.

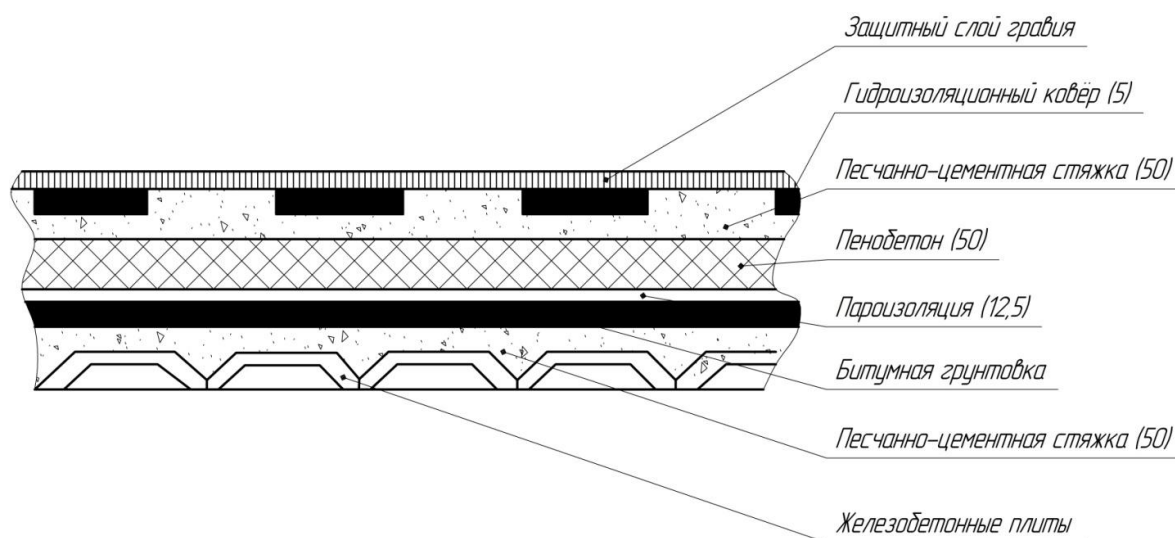


Рисунок 4.12 – Схема конструкции кровли

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

79

В качестве первого слоя применяется песчано-цементная стяжка, выравнивающая плиты покрытия и заполняющая их швы; она покрывается пароизоляцией из алюминиевых листов по битумной грунтовке. Затем накладывается утеплитель, представляющий собой плиты из пенобетона. Чтобы создать достаточно жесткое и ровное основание для гидроизоляционного ковра на поверхность теплоизоляционного покрытия накладывают стяжку из песчано-цементного раствора.

Гидроизоляция плоских покрытий выполняется из четырех рулонных гидроизоляционных материалов, последовательно наклеиваемых внахлест с помощью горячей битумной мастики. Для улучшения сопротивляемости дегтевый ковер покрывают слоем светлого гравия с зернами 6...10 мм, вдавленного в горячем виде в кровельную мастику.

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. Несущий настил выполняется из унифицированных железобетонных плит. В качестве первого слоя применяется песчано-цементная стяжка, она покрывается пароизоляцией из пергамента или алюминиевых листов. Затем укладывается утеплитель (газобетон). Чтобы создать достаточно ровное и жесткое основание для гидроизоляционного ковра накладывают песчано-цементную стяжку. Гидроизоляция выполняется из 3,4 слоев рулонных гидроизоляционных материалов.

Выводы по разделу четыре

Используя данные технологического раздела, разработан план расположения оборудования и рабочих мест. Расчет показал, что на участок механической обработки требуется 15 единиц оборудования, 22 рабочих, 4 вспомогательных рабочих, 3 ИТР и 1 служащий. В качестве транспортных средств использован кран мостовой грузоподъемностью 10 т. и электротележка. Рассчитаны площади складирования заготовок и деталей. Система уборки стружки – комбинированная. Выбраны основные параметры здания: сетка колонн 18 × 6, высота пролета 12,6 м.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Организация производственного освещения на производственном участке

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение на участке механической обработки детали «Вал 5Н. 51.00.02» улучшает условия работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, безопасности труда и снижению травматизма на участке.

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. В зависимости от источника света производственное освещение может быть двух видов естественное и искусственное.

Естественное освещение подразделяется на:

- боковое, осуществимое через световые проемы в наружных стенах; – верхнее, осуществимое через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях;
- комбинированное, когда к верхнему освещению добавляется боковое. Искусственное освещение может быть двух систем – общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах.

Данный участок механической обработки детали «Вал 5Н. 51.00.02» имеет общее искусственное освещение. Так как это освещение допускается для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы 1-го и 11-го разрядов. Освещение регламентируется санитарными нормами СНиП 23.05–95.

Оценка естественной освещенности помещения по световому коэффициенту недостаточна, так как при этом не учитываются факторы, влияющие на естественную освещенность: расположение окон и рабочих мест внутри помещения, высота и расположение противоположных зданий и тому подобное.

Оценка количественной характеристики естественного освещения выражается коэффициентом естественной освещенности (КЕО), то есть отношением освещенности внутри помещения (E_B), к одновременной наружной освещенности (E_H):

$$КЕО = \frac{E_B}{E_H}; \quad (5.1)$$

Расчет общего равномерного освещения на участке методом коэффициента использования.

Осветительную установку выполняем лампами накаливания. Для производственного помещения с нормальной средой высотой от 8–12 м при лампах 500, 1000, 1500 Вт применяют светильник – глубокоизлучатель со средней концентрацией светового потока (Γ_C).

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Определяем высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле:

$$h = H - (h_c + h_p); \quad (5.2)$$

где H – высота помещения; $H = 8,16$ м;

h_c – величина свеса светильников; $h_c = 0,9$ м;

h_p – высота рабочей поверхности; $h_p = 1$ м.

$$h = 8,16 - (0,9 + 1) = 6,5 \text{ м.}$$

Находим расстояние между светильниками типа Γ_c . по формуле:

$$\frac{L}{h} = 1,5;$$

где L – расстояние между светильниками, м.

$$L = 1,5 \cdot 6,5 = 9,35 \text{ м.}$$

Принимаем $L = 9,35$ м.

Максимальное расстояние от стены до ближайшего светильника принимаем:

$$0,4 \cdot L = 6; \quad (5.3)$$

$$L = \frac{6}{0,4} = 4,3 \text{ м.}$$

Определим количество ламп из формулы:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot K_H}; \quad (5.4)$$

где E_H – нормируемая освещенность; $E_H = 500$ лк;

S – освещаемая площадь определяем по формуле:

$$S = a \cdot b; \quad (5.5)$$

$$S = 24 \cdot 42 = 1008 \text{ м}^2;$$

K_3 – коэффициент запаса; $K_3 = 1,3$;

Z – коэффициент неравномерности освещения для ламп накаливания: $Z = 1,15$;

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

N – число светильников;

Φ – световой поток.: Φ = 1200 Лм;

K_И – коэффициент использования: K_И=43.

Из следующей формулы находим число светильников:

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi \cdot K_{И}}; \quad (5.6)$$

$$N = \frac{500 \cdot 1008 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{1200 \cdot 43} = 19,04 \text{ шт.}$$

Принимаем 19 светильников.

Расположение светильников на участке показано в соответствии с рисунком 5.1, размеры представлены в м.

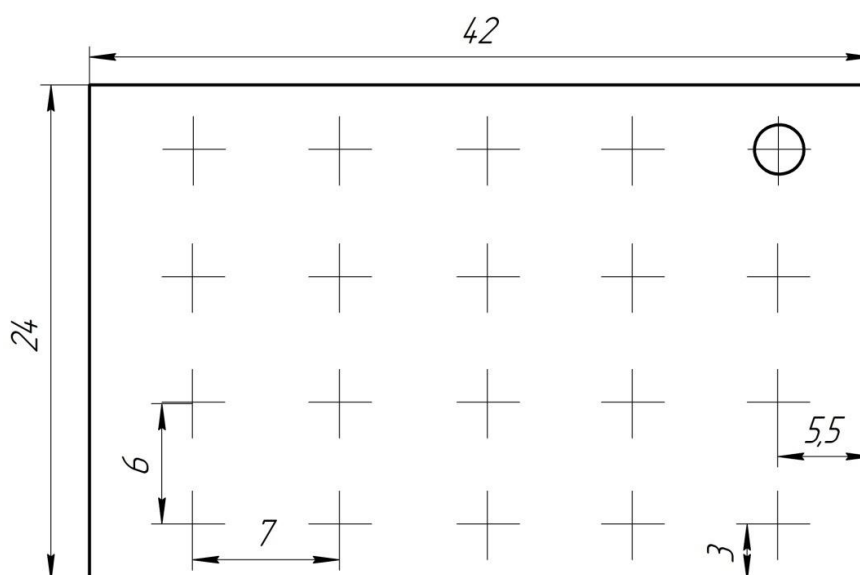


Рисунок 5.1 – Расположение светильников на участке

Мероприятиями по поддержанию оптимального уровня естественного освещения в цехе являются очистка остекленных поверхностей световых проемов (не реже 2...4 раз в год). Для поддержания рациональной цветовой гаммы необходимо регулярно проводить окраску стен, потолка и оборудования. Для поддержания оптимального искусственного освещения необходимо предусматривать регулярную очистку от загрязнений светильников, своевременную замену отработавшей свой срок службы лампы, контроль напряжений питания осветительной сети, для ограничения ослепленности соблюдать защитный угол α создаваемый отражателем (α не более 30°).

Для аварийного освещения применим лампы накаливания.

Выбираем светильник НСП-03.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ

Лист

83

Расчет размещения светильников

$$\lambda_c = 0,8 \cdot \sqrt{\frac{\Phi_o}{I_o}}; \quad (5.7)$$

$$\lambda_c = 0,8 \cdot \sqrt{\frac{420}{62}} = 2,08$$

$$L_{\text{опт}} = \lambda_c \cdot H_p; \quad (5.8)$$

$$L_{\text{опт}} = 2,08 \cdot 4,5 = 9,37 \text{ м.}$$

Определяем n_a и n_b по формулам:

$$n_a = \frac{a}{L_{\text{опт}}} - \frac{2}{x} + 1; \text{ и } n_b = \frac{b}{L_{\text{опт}}} - \frac{2}{x} + 1. \quad (5.9)$$

$$n_a = \frac{11,5}{9,37} + 0,5 = 1,7 \approx 2$$

$$n_b = \frac{8,3}{9,37} + 0,5 = 1,38 \approx 1$$

определяем число светильников

$$N = n_a \cdot n_b. \quad (5.10)$$

$$N = 2 \cdot 1 = 2 \text{ шт.}$$

расстояние между светильниками

$$L_a = \frac{a}{n_a}; \quad (5.11)$$

$$L_a = \frac{11,5}{2} = 5,75.$$

Определение типа ламп. Мощность, которую необходимо установить, выбираемый светильник определяем, методом коэффициента использования.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{(E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z)}{N \cdot U_{\text{оу}}}; \quad (5.12)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – поток лампы, лм;

$S = a \cdot B$ – площадь помещения, м² ;

Z – коэффициент неравномерности, $Z = 1,15$ – для ламп накаливания;

N – число светильников в установке;

$U_{\text{оу}}$ – коэффициент использования светового потока.

Для определения $U_{\text{оу}}$ надо рассчитать индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{(a \cdot B)}{H_{\text{р}} \cdot (a + B)}; \quad (5.13)$$

$$i = \frac{(11,5 \cdot 8,3)}{4,5 \cdot (11,5 + 8,3)} = 1,07$$

$$p_{\text{пот}} = 50; p_{\text{ст}} = 30; p_{\text{р}} = 10;$$

$$U_{\text{yo}} = 0,21; U_{\text{оу р}} = 0,16;$$

$$\mu_{\text{отр}} = \frac{U_{\text{yo}}}{U_{\text{оу р}}}; \quad (5.14)$$

$$\mu_{\text{отр}} = \frac{0,21}{0,16} = 1,31.$$

Найденные значения подставляем в формулу и находим

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{(2 \cdot 95,45 \cdot 1,4 \cdot 1,115)}{2 \cdot 0,21} = 731,8 \text{ лм.}$$

Принимаем $\Phi_{\text{л}} = 730$ лм.

Тип лампы Б215-225-40

$$\Delta\Phi = \Phi_{\text{л.т.}} - \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{л}}} \cdot 100\%; \quad (5.15)$$

$$\Delta\Phi = 730 - \frac{731,8}{731,8} \cdot 100\% = 0,24\%$$

допустимо

$$E = \frac{(\Phi_{\text{л.т.}} \cdot N \cdot U_{\text{yo}})}{(K_3 \cdot Z \cdot S)}; \quad (5.16)$$

$$E = \frac{(730 \cdot 2 \cdot 0,21)}{(1,4 \cdot 1,15 \cdot 95,45)} = 1,99 \text{ лк.}$$

Проверка освещенности по точечному методу

Проверим освещенность в удаленной точке по точечному методу.

Проверка освещенности в удаленных точках показано в соответствии с рисунком. 5.2.

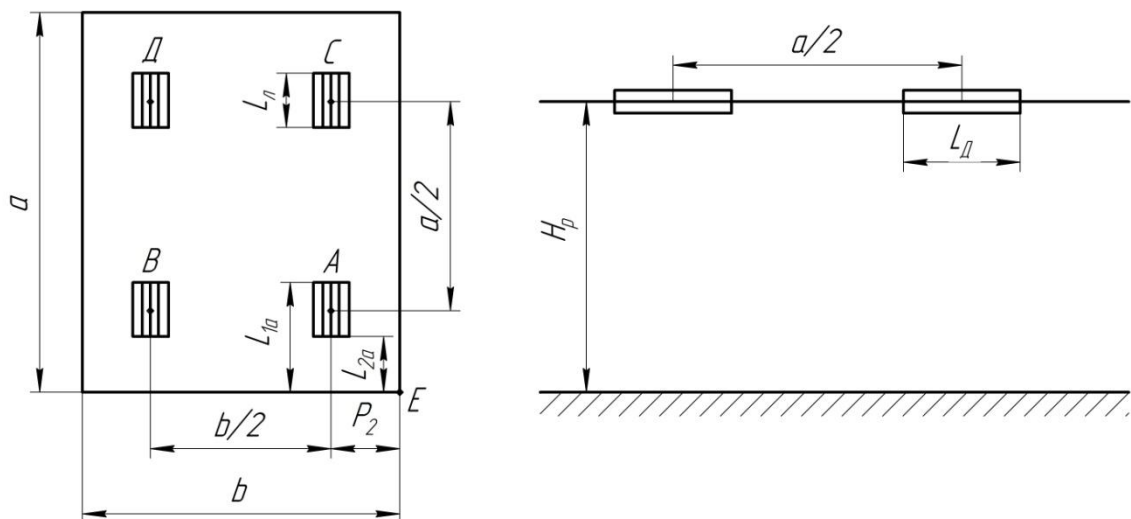


Рисунок 5.2 – Схема расположения ламп в помещении

Проверим нормированную освещенность на полу в точке E точечным методом. Для определения освещенности в точке, расположенной на горизонтальной поверхности, пользуются следующей формулой:

$$E = \frac{(\Phi_{\text{л}} \cdot \mu \cdot \sum \varepsilon)}{(1000 \cdot K_3 \cdot L_{\text{л}} \cdot h)}; \quad (5.17)$$

где ε – относительная линейная освещенность, создаваемая отдельными светильниками в точке;

μ – коэффициент, учитывающий μ_y и μ_o

в нашем случае: $\mu = \mu_{\text{отр}} = U_{\text{oy}}/U_{\text{oy p}}$

$$\mu = \mu_{\text{отр}} = U_{\text{oy}}/U_{\text{oy p}}; \quad (5.18)$$

$$\mu = 0,37/0,27 = 1,37$$

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

Определяем относительные расстояния для каждой точки (А, В, С, Д) и по этим расстояниям определяем относительную освещенность Е по изолюксам. Определяем для точки А:

$L_{л}$ – длина лампы; $L_{л} = 1,5$ м.

$$L_{1л} = \left(\frac{a}{4}\right) + \left(\frac{L_{л}}{2}\right); \quad (5.19)$$

$$L_{1л} = \left(\frac{1,5}{4}\right) + \left(\frac{1,5}{2}\right) = 3,63 \text{ м.}$$

$$L_{2л} = \left(\frac{a}{4}\right) - \left(\frac{L_{л}}{2}\right); \quad (5.20)$$

$$L_{2л} = \left(\frac{1,5}{4}\right) - \left(\frac{1,5}{2}\right) = 2,13 \text{ м.}$$

$$P_A = \frac{B}{4}; \quad (5.21)$$

$$P_A = \frac{8,3}{4} = 2,1 \text{ м.}$$

$$P'_A = \frac{P_A}{H_p}; \quad (5.22)$$

$$P'_A = \frac{2,1}{4,5} = 0,46.$$

$$L'_{2л} = \frac{L_{2л}}{H_p}; \quad (5.23)$$

$$L'_{2л} = \frac{2,13}{4,5} = 0,47.$$

$$L'_{1л} = \frac{3,63}{4,5} = 0,8.$$

Отсюда по изолюксам определяем ε .

$$\varepsilon_A = \varepsilon_{1A} - \varepsilon_{2A}; \quad (5.24)$$

$$\varepsilon_A = 102 - 49 = 53$$

где – $\varepsilon_{1A} = 102$; $\varepsilon_{1A} = 49$;
Для точки В:

$$P_B = \frac{B}{2} + P_A; \quad (5.25)$$

$$P_B = \frac{8,3}{2} + 2,1 = 6,25.$$

$$P'_B = \frac{P_B}{H_p}; \quad (5.26)$$

$$P'_B = \frac{P_B}{H_p};$$

$$P'_B = \frac{6,25}{4,5} = 1,3.$$

$$L'_{2B} = \frac{L_{2B}}{H_p}; \quad (5.27)$$

$$L'_{2B} = \frac{2,13}{4,5} = 0,47.$$

где – $L_{1B} = 3,63$ м; $L_{2B} = 2,13$ м; $L'_{1B} = 3,63$ м;

$$\varepsilon_B = \varepsilon_{1B} - \varepsilon_{2B}; \quad (5.28)$$

$$\varepsilon_B = 38 - 14 = 24$$

где – $\varepsilon_{1B} = 38$ и $\varepsilon_{2B} = 14$
Для точки С:

$$L_{1C} = \frac{a}{4} + \frac{a}{2} + \frac{L_d}{2}; \quad (5.29)$$

$$L_{1C} = \frac{11,5}{4} + \frac{11,5}{2} + \frac{1,5}{2} = 9,375 \text{ м.}$$

$$L_{2C} = \frac{a}{4} + \frac{a}{2} - \frac{L_d}{2}; \quad (5.30)$$

$$L_{2C} = \frac{11,5}{4} + \frac{11,5}{2} - \frac{1,5}{2} = 7,875 \text{ м.}$$

$$P_C = P_A = 2,1 \text{ м; } P'_C = P'_A = 0,42 \text{ м.} \quad (5.31)$$

$$L'_{1C} = \frac{L_{1C}}{H_p}; \quad (5.32)$$

$$L'_{1C} = \frac{9,375}{4,5} = 2,08$$

$$L'_{2C} = \frac{L_{2C}}{H_p}; \quad (5.33)$$

$$L'_{2C} = \frac{7,875}{4,5} = 1,7$$

$$\varepsilon_C = \varepsilon_{1C} - \varepsilon_{2C}; \quad (5.34)$$

$$\varepsilon_C = 105 - 96 = 9.$$

где – $\varepsilon_{1C} = 105$; и $\varepsilon_{2C} = 96$.

Для точки Д:

$$L_{1D} = L_{1C} = 9,375 \text{ м; и } L'_{1D} = L'_{1C} = 2,08 \text{ м.}$$

$$L_{2D} = L_{2C} = 7,87 \text{ м; и } L'_{2D} = L'_{2C} = 1,7 \text{ м.}$$

$$P_D = P_B = 6,25 \text{ м; и } L'_D = L'_{2B} = 1,25 \text{ м.}$$

$$\varepsilon_D = \varepsilon_{1D} - \varepsilon_{2D}; \quad (5.35)$$

$$\varepsilon_D = 38 - 35 = 3.$$

где – $\varepsilon_{1D} = 38$; и $\varepsilon_{2D} = 35$.

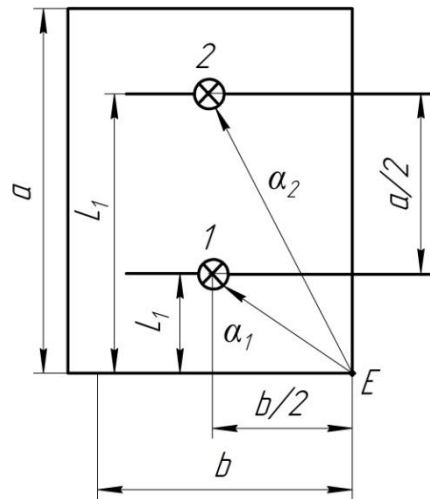


Рисунок 5.3 – Схема расположения светильников для аварийного освещения

Для определения освещенности в точке, расположенной на горизонтальной поверхности, пользуются формулой:

$$E = \frac{(\Phi_{л.г} \cdot \mu \cdot \sum \ell)}{(1000 \cdot K_3)} \quad (5.36)$$

где ℓ – условная освещенность, создаваемая точечным источником.

Условную освещенность, определяем из изолюксов, зная α и h .

α – расстояние от светильника до точки E (рис .4.3)

h – высота расчетная $h = 4,5$ м.

Определим ℓ от первого светильника:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{b}{2} + \frac{a}{4}} \quad (5.37)$$

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{8,3}{2} + \frac{11,5}{4}} = 2,65 \text{ м.}$$

$h = 4,5$ м.

$\ell_1 = 2,3$

Определим ℓ от второго светильника

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{3a}{4} + \frac{b}{2}} \quad (5.38)$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot 11,5}{4} + \frac{8,3}{2}} = 3,57 \text{ м.}$$

$h = 4,5 \text{ м.}$

$\ell_1 = 2,3$

Найдем суммарную относительную освещенность.

$$\Sigma_1 \ell = \ell_1 + \ell_2 \quad (5.39)$$

$$\Sigma_1 \ell = 2,3 + 1,5 = 3,9$$

Рассчитаем освещенность:

$$E = \frac{(730 \cdot 1,31 \cdot 3,9)}{(1000 \cdot 1,4)} = 2,66$$

Освещенность больше 0,5 лк. это аварийное освещение допустимо для этого помещения.

5.2 Расчет устройства молниезащиты

Основные компоненты этой системы: приемник молний, проводник тока, заземлитель. Первым под удар молнии попадает приемник, который в вертикальной положении устанавливают на крыше – на ее самой высокой точке. Поэтому молниеприемник должен был сделан из материала, способного противостоять высоким тепловым и динамическим нагрузкам. Как правило, его делают из полосовой и круглой стали сечением не меньше 60 кв.мм. и длиной минимум 20 см.

Для изготовления проводника тока используют стальную круглую проволоку, диаметр которой должен быть не меньше 5 мм. Токоотвод соединяется с молниеприемником с помощью сварки, запаивания или болтовых креплений. Однако в любом случае важно, чтобы площадь соединения почти в два раза превышала площадь сечения деталей. Проводник тока обычно укладывают вдоль выступов, по краям фронтонов, закрепляя специальными скобами или хомутами. Если крыша сделана из материала, который легко загорается, то в целях предупреждения возникновения пожара между токоотводом и крышей должно быть расстояние не менее 15 см.

Последний компонент – заземлитель. Его назначение – перенаправление тока в землю, следовательно, для его изготовления надо использовать материал с низким электрическим сопротивлением. Крайне важно, чтобы место, где находится заземлитель, было огорожено – причем радиус ограждения должен быть минимум 4 метра. Кроме того, это должно быть достаточно далеко от входа в дом и дорожек, которыми пользуются люди.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Чтобы выполнить расчет молниезащиты, для начала надо знать высоту приемника молний (считается расстояние от земли до верхушки). Его действие распространяется на территорию, радиус которой в полтора раза больше высоты громоотвода. Если эта площадь достаточно велика, то такое устройство молниезащиты зданий и сооружений вполне обоснованно.

Электрическое сопротивление заземляющего устройства должно быть не выше 10 Ом. Важно также правильно рассчитать глубину залегания в фунте заземлителя. Для сухой почвы используют два двух- или трехметровых стержня, соединенных перемычкой, к середине которой приварен токоотвод. Эту конструкцию вертикально вбивают в землю на глубину в пол метра. При высоком уровне подпочвенных вод в качестве заземлителя используют металлические уголки, которые закапывают в грунт в горизонтальном положении на глубину минимум 0,8 метра.

Все расчеты производятся согласно Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций

(утв. приказом Минэнерго РФ от 30 июня 2003 г. №280).

При строительстве и реконструкции для каждого класса объектов требуется определить необходимые уровни надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ).

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах 0,9 – 0,999.

Уровень защиты от ПУМ возьмем первый. Ему соответствует надежность защиты от ПУМ, равная 0,99.

Для снижения опасности шаговых напряжений применяют углубленные и расщепленные заземлители в виде лучей и колец.

При устройстве молниезащиты зданий и сооружений любой категории учитывают возможность экранирования их зонами защиты молниеотводов других близко расположенных зданий и сооружений. При этом максимально используют естественные молниеотводы (вытяжные трубы, водонапорные башни, дымовые трубы, линии электропередачи и другие возвышающиеся сооружения).

Молниеотвод защищает здание и сооружение от прямых ударов. Он состоит из молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии, токоотвода (спуска), соединяющего молниеприемник с заземлителем, заземлителя, через который ток молнии стекает в землю. Вертикальную конструкцию (столб или мачту) или часть сооружения, предназначенную для закрепления молниеприемника и токоотвода, называют опорой молниеотвода.

Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии, поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения.

Зона защиты типа А обладает степенью надежности 99,5 % и выше, а зона защиты типа Б – 95 % и выше.

По типу молниеприемников молниеотводы делят на стержневые, тросовые и в виде сетки, по числу и общей зоне защиты – на одиночные, двойные и многократные. Кроме того, различают молниеотводы отдельно стоящие, изолированные и не изолированные от защищаемого здания.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Стержневые молниеотводы представляют собой вертикальные стержни или мачты, тросовые – горизонтальные стальные канаты или провода, закрепленные на двух опорах, по каждой из которых прокладывают токоотвод к отдельному заземлителю.

При устройстве молниезащиты учитывают особенности защищаемого здания. Выбираем зону защиты типа А.

Одиночный стержневой молниеотвод. Зона его защиты при высоте $h \leq 150$ м. представляет собой конус, вершина которого находится на высоте $h_0 < h$, основание образует круг радиусом R_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защитного уровня сооружения h_x представляет собой круг радиусом R_x . Эти величины составят для зоны типа А:

$$h_0 = 0,85 \cdot h; \quad R_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h; \quad R_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$$

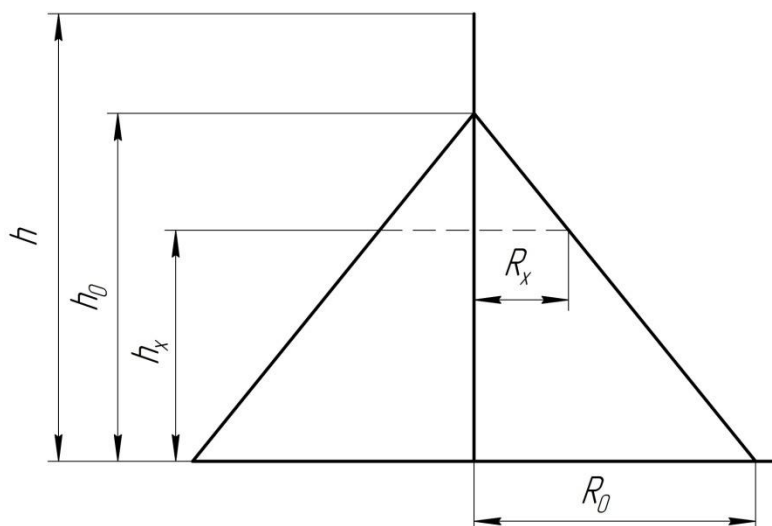


Рисунок 5.4 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 150 м.

Основным условием защищенности одного сооружения или группы сооружений высотой h_{xc} надежностью, соответствующей зоне типа А, является неравенство для всех $R_{xc} > 0$ попарно взятых молниеотводов. Величину R_{xc} для типа А зоны защиты рассчитывают по формулам для двойного стержневого молниеотвода при $n \leq 150$ м.

Плотность ударов молнии в землю определяется $N_g = 3,35$

Параметры первого импульса тока молний:

$$I = 00 \text{ кА}, \quad T_1 = 10 \text{ мкс}, \quad T_2 = 350 \text{ мкс}, \quad Q = 100 \text{ Кл}, \quad \frac{W}{R} = 10 \text{ МДж/Ом.}$$

Параметры последовательного импульса тока молний:

$$I = 50 \text{ кА}, T_1 = 0,25 \text{ мкс}, T_2 = 100 \text{ мкс}, a = 200 \text{ кА/мкс}.$$

Параметры длительного тока молнии в промежутке между импульсами:

$$Q_{\text{дл}} = 200 \text{ Кл}, T = 0,5 \text{ с}$$

Форма импульсов тока определяется следующей формулой:

$$i(t) = \frac{\left[I \cdot \left(\frac{t}{\tau_1} \right)^{10} \cdot e \cdot \left(\frac{-t}{\tau_2} \right) \right]}{h} \cdot \left[1 + \left(\frac{t}{\tau_1} \right)^{10} \right], \quad (5.40)$$

где I – максимум тока;

h – коэффициент, корректирующий значение максимума тока;

t – время;

τ_1 – постоянная времени для фронта;

τ_2 – постоянная времени для спада.

Параметры для расчета формы импульса тока молнии:

1. Для первого импульса

$$I = 200 \text{ кА}; h = 0,93; \tau_1 = 19,0 \text{ мкс}; \tau_2 = 485 \text{ мкс}.$$

$$i(t) = -0,5 \text{ Кл/с}.$$

2. Для последующего импульса

$$I = 50 \text{ кА}; h = 0,993; \tau_1 = 0,454 \text{ мкс}; \tau_2 = 143 \text{ мкс}.$$

$$i(t) = -0,18 \text{ Кл/с}.$$

3. Длительный импульс может быть принят прямоугольным со средним током I и длительностью T . Средний ток приблизительно равен:

$$I_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{дл}}}{T}, \quad (5.41)$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{200}{0,5} = 400 \text{ Кл/с}.$$

5.3 Обеспечение безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах

Основными причинами пожаров на пожаро-взрывоопасных объектах являются: неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности, умышленный поджог, курение, неисправное электрооборудование, неумелое обращение с электроприборами, самовоспламенение или самовозгорание веществ и материалов.

Неосторожное обращение с огнем является причиной каждого третьего пожара: непотушенные спички, окурки, отогревание огнем факелов и паяльных ламп

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

водопроводных труб, небрежность при хранении горящих углей, золы. Пожар может возникнуть и от костра, разожженного вблизи строения, причем чаще всего от искр, которые разносит ветер.

Нарушение правил пожарной безопасности. К пожару может привести отсутствие или неисправность вентиляции во взрыво-пожароопасных помещениях. Правильно рассчитанная и выполненная вентиляционная установка снижает опасность возникновения пожаров, так как исключает возможность образования пыле-, газо-воздушных концентраций, опасных в пожарном отношении.

Нарушение порядка хранения, использования и транспортировки пожароопасных веществ и материалов способствует возникновению пожаро-взрывоопасной обстановки. Не допускается захламление территорий и расположенных на них зданий и сооружений, наличие в них горючих материалов и т.д.

Способствуют развитию горения и наступлению тяжелых последствий также недостатки в организации предупреждения и тушения пожаров: отсутствие и неисправность автоматизированных и первичных противопожарных средств защиты объектов от пожаров, отсутствие противопожарных преград, неподготовленность персонала к тушению пожара, их несвоевременные или неправильные действия при его тушении.

Курение допускается только в специально отведенных местах, оборудованных урнами и емкостями с водой. В этих местах вывешивают надписи "Место для курения".

Неисправное электрооборудование. Важным условием обеспечения пожарной безопасности электротехнических установок является правильный выбор электрооборудования в зависимости от среды помещения, в которой оно должно эксплуатироваться. Электрические сети и электрооборудование должны отвечать требованиям Правил устройства электроустановок, Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Неумелое обращение с электроприборами. Наибольшее число пожаров на предприятиях происходит из-за нарушения правил эксплуатации электротехнических установок и устройств. В большинстве случаев пожары возникают в результате коротких замыканий в электрических цепях, перегрузок проводов и электрических машин токами, на которые они не рассчитаны, искрообразования.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения и принципов обеспечения безопасности.

Обеспечение безопасности может быть достигнуто:

- 1) Мерами по предотвращению пожаров
- 2) Сигнализацией о возникших пожарах.

Немаловажным фактором в проведении этих работ является знание процессов и условий горения и взрыва, свойств веществ и материалов, применяемых в технологическом процессе, способов и средств защиты от пожара и взрыва.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Организационные мероприятия: предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж.

Технические мероприятия: соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Режимные мероприятия – запрещение курения в неустановленных местах, запрещение сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и тому подобное.

Эксплуатационные мероприятия – своевременная профилактика, осмотры, ремонты и испытание технологического оборудования.

На предприятия законом также возлагаются следующие обязанности:

– соблюдать требования пожарной безопасности, а также выполнять предписания, постановления и иные законные требования должностных лиц пожарной охраны;

– разрабатывать и осуществлять меры по обеспечению пожарной безопасности;

– проводить противопожарную пропаганду, а также обучать своих работников мерам пожарной безопасности;

– включать в коллективный договор (соглашение) вопросы пожарной безопасности;

– содержать в исправном состоянии системы и средства противопожарной защиты, включая первичные средства тушения пожаров, не допускать их использования не по назначению;

– создавать и содержать в соответствии с установленными нормами органы управления и подразделения пожарной охраны, в том числе на основе договоров с Государственной противопожарной службой;

– оказывать содействие пожарной охране при тушении пожаров, установлении причин и условий их возникновения и развития, а также при выявлении лиц, виновных в нарушении требований пожарной безопасности и возникновении пожаров;

– предоставлять в установленном порядке при тушении пожаров на территориях предприятий необходимые силы и средства, горюче-смазочные материалы, а также продукты питания и места отдыха для личного состава пожарной охраны, участвующего в выполнении боевых действий по тушению пожаров, и привлеченных к тушению пожаров сил;

– обеспечивать доступ должностным лицам пожарной охраны, при осуществлении ими служебных обязанностей на территории, в здания, сооружения и на иные объекты предприятий;

– предоставлять по требованию должностных лиц Государственной противопожарной службы сведения и документы о состоянии пожарной безопасности на предприятиях, в том числе о пожарной опасности производимой ими продукции, а также о происшедших на их территории пожарах и их последствиях;

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

– незамедлительно сообщать в пожарную охрану о возникших пожарах, неисправностях имеющихся систем и средств противопожарной защиты, об изменении состояния дорог и проездов.

Согласно Правилам пожарной безопасности на каждом предприятии приказом (инструкцией) должен быть установлен соответствующий их пожарной опасности противопожарный режим в том числе:

- определены и оборудованы места для курения;
- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды;
- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня.

Руководители предприятий, на которых применяются, перерабатываются и хранятся опасные (взрывоопасные) сильнодействующие ядовитые вещества, обязаны сообщать подразделениям пожарной охраны данные о них, необходимые для обеспечения безопасности личного, состава, привлекаемого для тушения пожара и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ на этих предприятиях.

Территория предприятий в пределах противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и открытыми складами, должна своевременно очищаться от горючих отходов, мусора, тары, опавших листьев, сухой травы и т.п.

Горючие отходы, мусор и т.п. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями, штабелями леса, пиломатериалов, других материалов и оборудования не разрешается использовать под складирование материалов, оборудования и тары, для стоянки транспорта и строительства (установки) зданий и сооружений.

Дороги, проезды, подъезды и проходы к зданиям, сооружениям, открытым складам и водоисточникам, используемые для пожаротушения, подступы к стационарным пожарным лестницам и пожарному инвентарю должны быть всегда свободными, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда.

Для всех производственных и складских помещений должны быть определены категории взрывопожарной и пожарной опасности, а также класс зоны по Правилам устройства электроустановок, которые надлежит обозначать на дверях помещений.

Около оборудования, имеющего повышенную пожарную опасность, следует вывешивать стандартные знаки (аншлаги, таблички) безопасности.

Одно из условий обеспечения пожаро-взрывобезопасности любого производственного процесса – ликвидация возможных источников воспламенения.

Проведение мероприятий по противопожарной профилактике необходимо для уменьшения числа пожаров.

Она обеспечивается:

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

- правильным выбором степени огнестойкости объекта;
- ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара;
- применением систем противодымной защиты;
- безопасной эвакуацией людей;
- применением средств пожарной сигнализации и пожаротушения; организацией пожарной охраны.

Выводы по разделу пять

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы организации производственного освещения на производственном участке, произведен расчет устройства молниезащиты, а также представлены меры по обеспечению безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Себестоимость машиностроительной продукции - это выраженные в денежной форме текущие затраты предприятий (объединений) на её производство и реализацию.

В укрупненном виде себестоимость продукции включает стоимость израсходованного сырья, материалов, топлива, энергии, инструмента, заработную плату промышленно-производственного персонала, затраты на амортизацию и ремонт основных фондов и другие расходы, связанные с производством и реализацией продукции. Таким образом, в себестоимость входят затраты не только живого, но и прошлого труда, осуществленного в средствах и предметах труда.

Себестоимость продукции играет важную роль в производственной деятельности предприятия, в развитии отрасли машиностроения и народного хозяйства в целом. Она показывает, насколько эффективно используются средства труда, предметы труда и сам труд при изготовлении продукции. Снижение себестоимости лежит в основе увеличения общей суммы прибыли, а, следовательно, и размеров отчислений в фонды экономического стимулирования. Себестоимость служит важнейшим элементом хозрасчетных отношений между предприятиями, а внутри них – между отдельными производственными подразделениями.

Расчет себестоимости продукции (С) определяем по формуле

$$C = M_3 + A_0 + P_0 + (O_{гсс} + O_{мс} + O_{оси} + O_{крк} + Z_{др})$$

где M_3 – материальные затраты на производство и реализацию продукции;

A_0 – амортизационные отчисления на полное восстановление основных фондов;

P_0 – расход на оплату труда;

$O_{гсс}$ – отчисление на государственное социальное страхование;

$O_{оси}$ – отчисления по обязательному страхованию имущества;

$O_{крк}$ – плата за краткосрочные кредиты банков, кроме процентов по просроченным ссудам;

$Z_{др}$ – другие затраты на производство и реализацию продукции, включая затраты на ремонт средств.

Принимаем: $M_3 = 4814990$ руб., $A_0 = 300000$., $P_0 = 400000$.,

$O_{гсс} = 76000$ руб., $O_{оси} = 60000$., $O_{крк} = 90000$ руб.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

Расчет себестоимости на партию деталей (период изготовления – 1 год; партия деталей 1000 шт.; вес 1 детали – 1,24 кг; нынешняя цена за тонну стали 14X17H2 составляет 60000 руб;)

С учетом принятых значений получаем

$$C = 9814990 + 300000 + 400000 + (76000 + 60000 + 90000) = 9740990 \text{ руб.}$$

Себестоимость за единицу продукции 9740990: 4400 = 5160,6 руб

Выводы по разделу шесть:

В экономической части произведен расчет себестоимости изготовления детали.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы был разработан участок механической обработки детали «Вал».

Проведен анализ исходных данных и сравнение отечественных и зарубежных технологий. Для детали составлен размерный анализ с целью определения оптимального размера заготовки и межоперационных размеров. В качестве заготовки выбран пруток. Сформированы операции и назначены режимы резания, пронормированы технологические операции, разработан технологический процесс.

В конструкторском разделе разработаны зажимное приспособление, пневмопатрон, фреза для нарезания шлицев, приспособление для контроля радиального биения.

В строительном разделе спроектирован участок с оптимальным расположением оборудования. Определено количество рабочих и оборудования. Спланирована производственная площадь. Определен тип, формы и размеры здания.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы: 1 Организация производственного освещения на производственном участке. 2 Расчет устройства молниезащиты. 3 Обеспечение безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах.

В экономическом разделе произведен расчет себестоимости изготовления детали.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656с.
2. Матвеев, В.В. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении / В.В. Матвеев, Ф.И. бойков, Ю.Н. Свиридов. – Челябинск: Юж. – Урал. кн. изд-во, 1979. – 111с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ: сборник нормативов. – М.: Машиностроение, 1964.– 323 с.
5. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений. Учебник для вузов/ В.С. Корсаков. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 277с.
- 6 Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.3 / В.И. Анурьев, под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 864с.
7. Палей, М.А. Допуски и посадки: Справочник: в 2-х ч. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Политехника, 1991. – Ч. 1: – с. – Ч. 2: – с.
8. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.2 / под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 656с.
9. Владзиевский, А.П. Основы автоматизации производства в машиностроении. Учебник для техникумов / А.П. Владзиевский, А.П. Белоусов. Изд. 2-е. перераб. и доп. – М.: «Высш. школа», 1974. – 352с.
10. Решетников, Б.А. Проектирование механосборочных цехов: Учебное пособие по курсовой работе / Б.А. Решетников, В.Ю. Рогинский, С.В. Сергеев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ. 1999. – 82с.
11. Закиров, Р.Г. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие по выполнению практических и лабораторных работ / Р.Г. Закиров. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. – 96 с.
12. Егель, А.Э Расчет необходимого воздухообмена в производственных помещениях: Методические указания к выполнению раздела "Безопасность труда" в дипломных проектах / А.Э. Егель, Е.Э Савченкова, С.Х. Корчагина – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 12 с.
13. Современная экономика / под ред. О.Ю. Мамедова. – Ростов /.: Феникс, 1999. – 672с.

					15.03.05.2017.225.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102