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 групповой обработки деталей типа «Муфта»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2017.168.000 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н, доцент
_____В.Г. Некрутов
_____2017 г.

Строительный раздел,
к.т.н, доцент
_____Е.Н. Гордеев
_____2017 г.

Руководитель работы,
профессор
_____Б.А. Решетников
_____2017 г.

Автор работы
студент группы ДО-551
_____Р.Х. Рахимов
_____2017 г.

Нормоконтролер,
профессор
_____Б.А. Решетников
_____2017 г.

Челябинск 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
1.1 Описание узлов изделий. Служебное назначение деталей 8
1.2 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения 11
1.3 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений 11
1.4 Задачи проектирования 13
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ
2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса 14
2.2 Разработка группового технологического процесса 16
2.2.1 Разработка комплексной детали 16
2.2.2 Выбор вида и метода получения заготовки 17
2.2.3 Выбор последовательности обработки поверхностей деталей 22
2.2.4 Определение количества переходов для обработки поверхностей детали 25
2.2.5 Формирование операций для деталей группы 28
2.3 Размерный анализ для базовой детали группы технологического процесса 41
2.3.1 Составление уравнений размерных цепей 54
2.3.2 Расчет межоперационных размеров и размеров заготовки 55
2.3.3 Проверка точности разработанного технологического процесса 61
2.4 Расчет режимов резания и нормирование технологического процесса для деталей группы 61
2.4.1 Нормирование технологического процесса для деталей группы 68
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ
3.1 Проектирование сверлильного приспособления
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования 79
3.1.2 Проектирование схемы приспособления 79
3.1.3 Расчёт усилия зажима в приспособлении 80
3.1.4 Компоновка сверлильного приспособления 82
3.1.5 Расчет приспособления на точность 84
3.2 Проектирование приспособления для контроля радиального биения
3.2.1 Разработка схемы замера 86
3.2.2 Проектирование схемы контрольного приспособления 86
3.2.3 Компоновка контрольного приспособления 88
3.2.4 Расчет контрольного приспособления на точность 89
3.3 Проектирование плоской шпоночной протяжки 90

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ
4.1 Выбор и определение количества оборудования 97
4.2 Определение состава и количества работающих 99
4.3 Выбор типов транспортных средств
4.3.1 Определение потребного количества мостовых кранов 100
4.3.2 Определение потребного количества тележек 101
4.4 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей 102
4.5 Выбор способа транспортирования стружки 103
4.6 Планировка оборудования и определение производственной площади 104
4.7 Выбор типа, формы и определение размеров здания 107
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
5.1 Разработка мероприятий по снятию психологических перегрузок 111
5.2 Расчет естественного освещения 111
5.3 Планирование мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности
5.3.1.Мероприятия по уменьшению влияния вредных веществ 113
5.3.2.Создание рационального освещения 114
5.3.3 Создание оптимальных метеорологических условий 114
5.3.4 Мероприятия по предотвращению электротравматизма 115
6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ
6.1 Изменение в себестоимости обработки деталей 117
6.2 Изменение себестоимости наладки станка 121
6.3 Изменение в затратах на технологическую подготовку производства 122
6.4 Экономия себестоимости перевода деталей на групповую обработку 123

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 125
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Научная организация производства должна базироваться на внедрении принципов единой системы технологической подготовки производства, создании автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП). АСТПП является важнейшей подсистемой автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), главным образом определяющей эффективность всей АСУП. В связи с этим особое значение приобретают разработка и широкое внедрение новых методов технологической подготовки, в основе которых лежит унификация, то есть отказ от индивидуальной технологической подготовки. К таким методам относят методы типовой и групповой технологии.

Более широкие возможности унификации заложены в методе групповой технологии. Основу данного метода составляет группирование изделий (деталей, сборочных единиц) не только по общности их конструктивного оформления, но и по общности технологических операций независимо от их назначения. Это позволяет в условиях мелкосерийного и серийного производства с большей эффективностью переходить на высокопроизводительные методы, характерные для крупносерийного и массового производства. Внедрение группового метода позволяет сократить сроки технической подготовки производства новых изделий, повысить производительность труда, обеспечить снижение себестоимости продукции, поднять техническую культуру производства и уровень его организации.

Совершенствование технологии изготовление деталей может быть достигнута путем широкого применения прогрессивных технологических процессов, оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации, станков с программным упралением.

Цель проекта:

Сокращение времени обработки, повышение качества продукции, внедрение передовых современных технологий.

Задачами проектирования являются:

– разработать групповой технологический процесс;

– спроектировать приспособление для сверления 4 отверстий;

– спроектировать шпоночную протяжку;

– спроектировать приспособление для контроля радиального биения;

– спроектировать участок групповой механической обработки деталей типа «Муфта»;

– определить экономический эффект от перевода деталей на метод групповой механической обработки.

Объект работы – создание участка механической обработки деталей типа «Муфта».

Предмет работы – процесс проектирования участка механической обработки детали «Муфта».

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Описание узлов изделий. Служебное назначение деталей

Деталь «Муфта» 15.03.05.2017.168.01А.00 входят в узел комбайна проходческо-очистного «Урал-10А» предназначен для применения на очистных работах в камерах и проходки выработок овально-арочной формы по пластам калийных руд мощностью 2,3-2,6 м при углах падения до ± 12° с сопротивляемостью пород резанию до Ар=450 Н/мм.

Комбайн предназначен для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным климатом и выпускается в соответствии с ГОСТ 15150 в исполнении. У категории 5 для диапазонов температур окружающей среды от плюс 5 до плюс 35°С.

Комбайн применяется для проведения выработок площадью сечения 8,8; 9,4; 10,5м².

Рассчитан на рабочее напряжение 660В или 1140В с частотой тока 50Гц.

Комбайн выпускается в трех исполнениях отличающихся между собой применением разных резцовых дисков и типами скребковой цепи конвейера:

Рисунок 1.1 – Комбайн «Урал-10А»

Муфта предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к редуктору. Муфта устанавливается на вал двигателя, вращение передается с помощью шпонки. В 8 отверстий диаметром 58 устанавливаются резиново – металлические пальцы, обеспечивающие несоосность двигателя и редуктора.

Деталь «Втулка» 15.03.05.2017.168.01Б.00 сторонний заказ, деталь входит в сборочный узел приспособления. Втулка служит для соединения вала и подшипника с главным колесом приспособления. Втулка служит для передачи крутящего момента. В отверстие втулки запрессоваться вал с подшипником. На саму втулку запрессовывается главное колесо приспособления.

Деталь «Муфта» 15.03.05.2017.168.01В.00 входят в узел редуктора конвейера горнопроходческого комбайна 1ГПКС.

Комбайн 1ГПКС предназначен для механизации отбойки и погрузки горной массы при проведении горизонтальных и наклонных горных выработок любой формы сечения (кроме круглой).

Стреловидный исполнительный орган комбайна имеющий в основной модели продольно-осевую коронку может, по желанию потребителя, поставляться с поперечно-осевыми барабанами. Установленные на режущих коронках (барабанах) ступенчатые резцы обладают высокой стойкостью, что позволяет эффективно разрушать горные породы прочностью до 70 МПа (f=5).

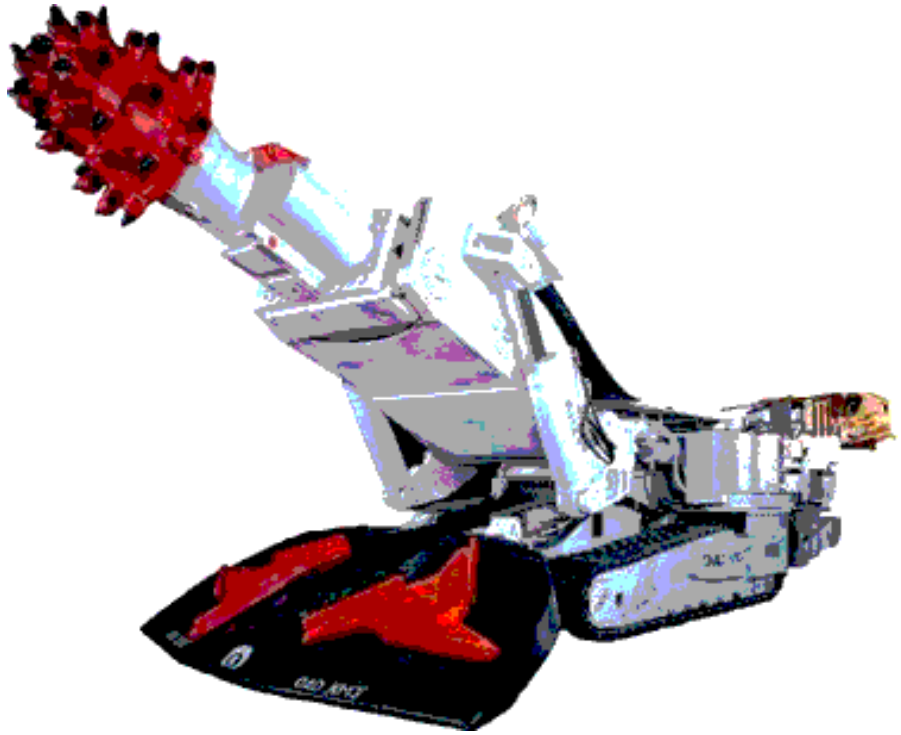


Рисунок 1.2 – Комбайн проходческий «1ГПКС»

Конвейер предназначен для транспортирования отбитой горной массы от погрузочного органа и выгрузки ее на штрековые транспортные средства.

Редуктор конвейера крепится болтами к поворотной раме. Редуктор имеет две пары цилиндрических шестерен и вал фрикциона, представляющий собой отдельную сборочную единицу, которая монтируется в корпус редуктора.

Муфта предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к редуктору. Муфта устанавливается на вал двигателя, вращение передается с помощью шпонки. В 4 отверстия диаметром 30 устанавливаются резиново – металлические пальцы, обеспечивающие несоосность двигателя и редуктора.

Деталь «Муфта» 15.03.05.2017.168.01Г.00 входят в узел машины погрузочной с боковой разгрузкой ковша МПК3 предназначена для погрузки разрыхленной

взрывом горной массы в вагонетки, на конвейер и другие транспортные средства, а также для доставки материалов и оборудования в призабойной части выработки, подъема и установки верхняков крепи, подъема затяжек и забутовочного материала.

Машина применяется при проведении горизонтальных и наклонных до ±12º горных выработок в породах крепостью до 16 ед. по шкале профессора М.М.Протодьяконова в шахтах, включая опасные по газу и пыли, сечением в свету, не менее:

– 14,4 м² при погрузке в вагонетки;

– 10,3 м² при погрузке на ленточный конвейер;

– 6,4 м² при погрузке на скребковый конвейер.

Машина изготавливается в климатическом исполнении У - для районов с умеренным климатом, для диапазонов температур окружающей среды от -5° до +35°С.

Машина выпускается на рабочее напряжение 660В и 380В по заказу потребителя.

Рисунок 1.3 – Машина погрузочная «МПК3»

Муфта предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к редуктору. Муфта устанавливается на вал двигателя, вращение передается с помощью шпонки. В 4 отверстий диаметром 46 устанавливаются резиново – металлические пальцы, обеспечивающие несоосность двигателя и редуктора.

1.2 Анализ соответствия требований чертежа деталей требованиям ее назначения

Проанализировав диаметральные и линейные параметры чертежей деталей, а также конструкции узлов изделий, в которые входят детали. Можно сделать вывод, что в целом требования чертежей деталей соответствуют требованиям их назначения в конструкции изделий.

1.3 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

Для обработки детали типа «Муфта» можно применить токарный станок с ЧПУ серии Microcut Challenger модели BNC-1840 компании BUFFALO MACHINERY CO., LTD (Тайвань). В соответствии с рисунком 1.5 станок имеет:

– горизонтальную станину из высококачественного чугуна марки «Механит», которая гарантирует высокую жесткость и виброустойчивость;
– прямоугольную форму направляющих;
– жесткость шпинделя обеспечивается 4-мя коническими двухрядными роликовыми подшипниками;
– высокоточные ШВП класса точности С3 со сдвоенной гайкой гарантируют высокую жесткость и точность;
– увеличенный диаметр ШВП по оси Z до 40 мм гарантирует стабильную работу станка на максимальных режимах резания;
– выемку в станине (ГАП) для обработки крупногабаритных деталей типа «диск»;
– высокую скорость вращения шпинделя – 4500 об/мин;
– большое отверстие в шпинделе;
– большой выбор револьверных головок;
– ось «С» и фрезерная функция значительно расширяют технологические возможности станка, позволяют производить фрезерование, осевое сверление и растачивание, нарезание резьбы и другие операции;
– все элементы электрического шкафа отвечают европейским нормам CE.

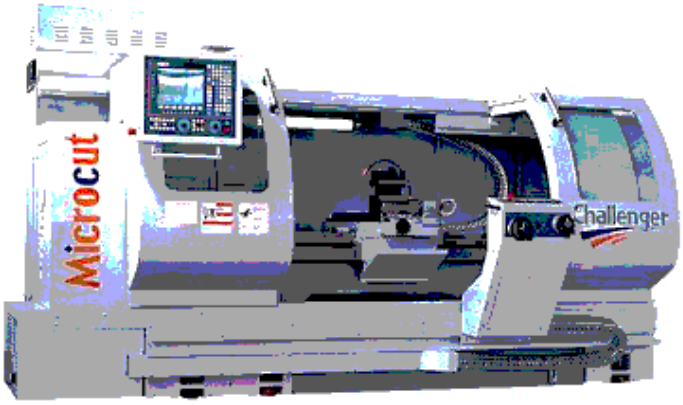


Рисунок 1.5 – Токарный станок с ЧПУ модели BNC-1840

Стандартная комплектация:
– русифицированная система ЧПУ Siemens 802DSL;
– горизонтальная 8-ми позиционная револьверная головка;
– 3-х кулачковый ручной патрон Ш200 мм (Ш отверстия в патроне – 55 мм);
– порт RS-232 и слот для карты памяти;
– электронные штурвалы осей X и Z;
– задняя бабка с ручным приводом выдвижения пиноли;
– автоматическая система смазки направляющих;
–теплообменник электрошкафа;
– система подачи СОЖ;
– защитные кожуха для ограждения рабочей зоны;
– поддон для сбора стружки;
– Комплект выравнивающих опор;
– комплект инструмента для обслуживания станка;
– руководство по эксплуатации станка на русском языке.
Дополнительные аксессуары:
– люнет (20 ~ 200 мм);
– люнет (10 ~ 100 мм);
– гидравлический патрон и системы;
– электронный 4-х инструмент сообщение;
– конвейер и записывающее устройства;
– 11/16 кВт мотор шпинделя;
– V8 башни (25 мм инструментов);
– гидравлика.

Передняя бабка, как и станина, спроектирована с использованием систем CAE таким образом, чтобы обеспечить наилучший отвод тепла. Для обеспечения высокой жесткости и стабильной работы, шпиндель устанавливается на усиленные двух рядные роликовые подшипники. Через внутренне отверстие шпинделя возможна подача прутков диаметром Ø76 мм. Точность вращения по окружности 0,62 мкм.

Цельная, литая станина из мелкозернистого чугуна MEEHANITE имеет специфическую конструкцию, дополненную ребрами жесткости, для обеспечения высокой стабильности и износостойкости. Для снижения действия силы резания на инструмент, револьверную головку и станину, последняя спроектирована под углом 45°.

Приводная 12-ти позиционная револьверная головка BARUFFALDI (опция), оснащенная высокоскоростным серво приводом мощностью 3,7 кВт. Гидравлическая система поворот револьверной головки, выполняющая смену соседних инструментов - 0,2 сек; на смену противоположных инструментов - 0,9 сек. Револьверная головка соединяется с магнитным датчиком С8 для возможности выполнения операций фрезерования, сверления, нарезания резьбы за одну установку детали. Револьверная головка имеет функцию подачи СОЖ через инструмент.

Гидравлическая револьверная головка на 10-ть позиций за счет применения высокомоментного гидравлического мотора DANFOSS поворачивает и позиционирует инструмент за 0,3 секунды.

Как опция, возможна установка 12-ти позиционной револьверной головкой с сервоприводом (дополнительная ось С).

Привод осей X/2 осуществляется через усиленную высокоточную шариковинтовую пару С2 производства Германии, установленную на шариковых подшипниках класса Р4, обеспечивая высокую точность позиционирования до 5 мкм и шероховатость поверхности Ка 0,27 мкм. Станок оснащен системой автоматической смазки направляющих всех осей.

Задняя бабка имеет жесткую конструкцию и оснащается пинолью диаметром 85 мм и конусом МТ-5. Для повышения эффективности станка, задняя бабка имеет возможность перемещаться по направляющим - 580 мм.

Перемещение пиноли осуществляется при помощи гидравлики, обеспечивая надежное закрепление длинных заготовок.

Подача смазочной охлаждающей жидкости осуществляется через инструмент от помпы высокого давления (Европейского производства), что позволяет достигнуть мощного напора, постоянное давление, и как следствие, высокую эффективность охлаждения.

Стоимость станка составляет 2,5 млн. руб. Приобретение данного станка является не целесообразным, в связи с высокой стоимостью. Поэтому для групповой обработки данных деталей используем станки отечественных производителей.

1.4 Задачи проектирования

Задачами проектирования является:

– разработать групповой технологический процесс механической обработки;

– спроектировать для закрепления заготовок сверлильное приспособление;

–спроектировать протяжку шпоночную;

–спроектировать приспособление для контроля радиального биения;

– разработать планировку участка групповой механической обработки деталей типа «Муфта»»

– разработать мероприятия по снятию психологических перегрузок»

– рассчитать естественное освещение;

– распланировать мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

– определить экономический эффект от перевода деталей на метод групповой механической обработки.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Анализ технологичности деталей и существующих технологических процессов

В результате анализа технологичности деталей: муфты (деталь А), втулки (деталь Б), муфты (деталь В) и муфты (деталь Г) в соответствии с рисунками 2.1-2.4, не выявлено возможных трудностей обеспечения параметров шероховатости поверхностей, размеров, форм и расположения поверхностей. Требования точности заданы обосновано. В целом детали технологичны, простая конфигурация детали, возможность применения высокопроизводительных технологических методов, простота геометрической формы заготовки, возможность нормального входа и выхода режущего инструмента.

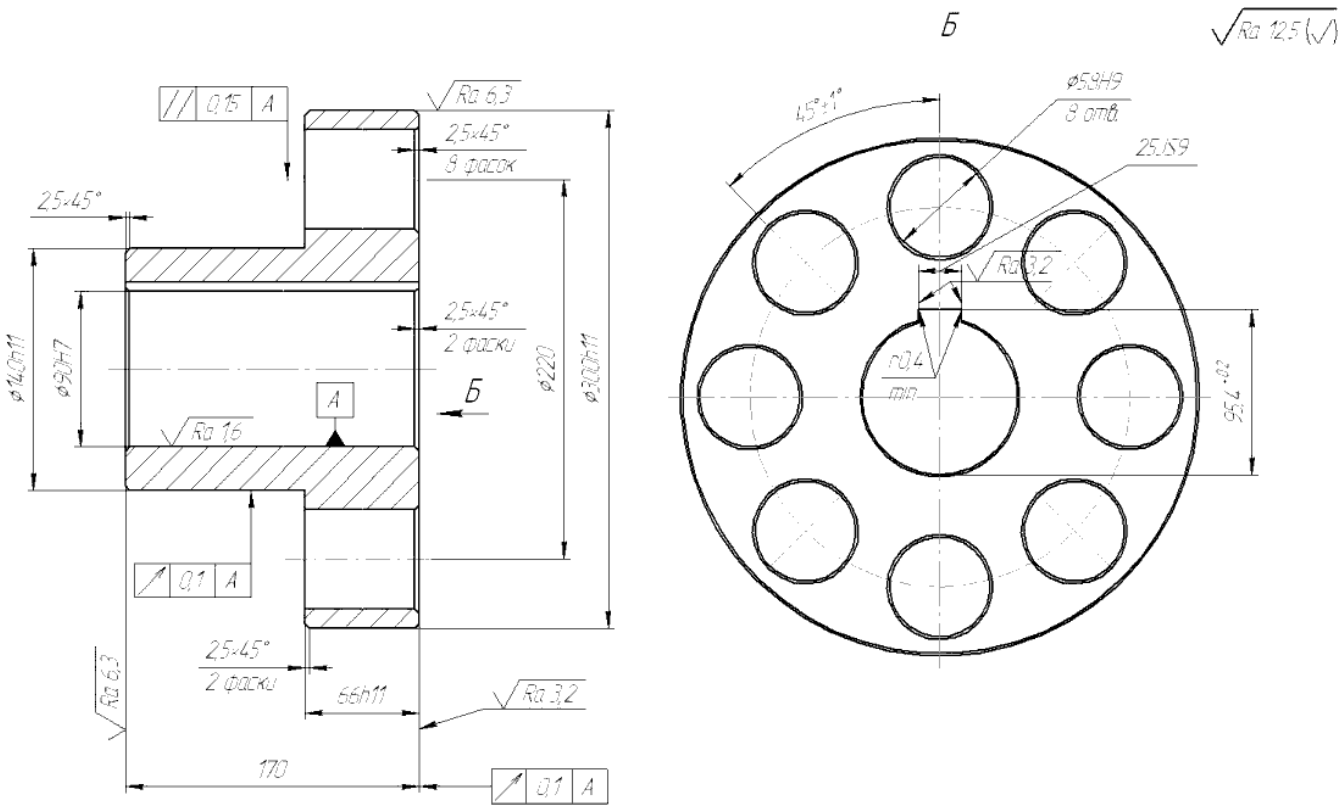


Рисунок 2.1 – Деталь А

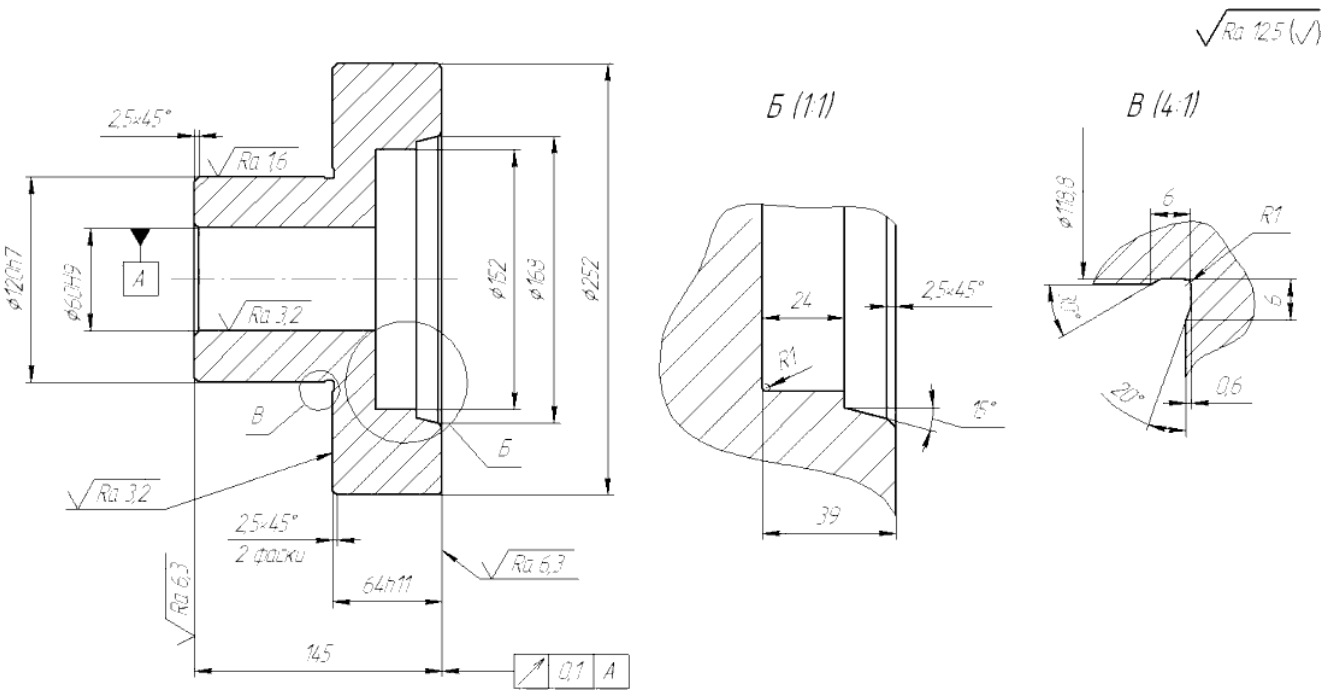


Рисунок 2.2 – Деталь Б

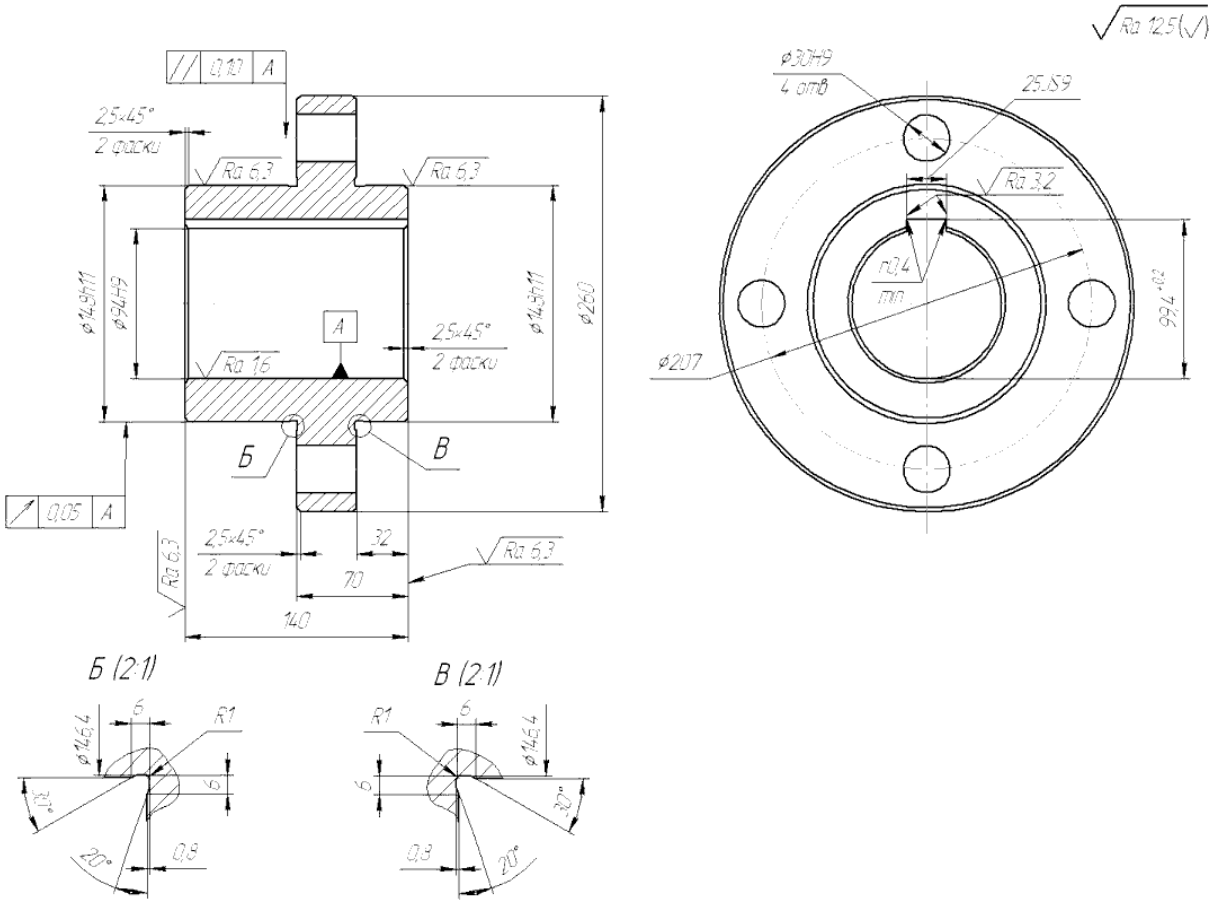


Рисунок 2.3 – Деталь В

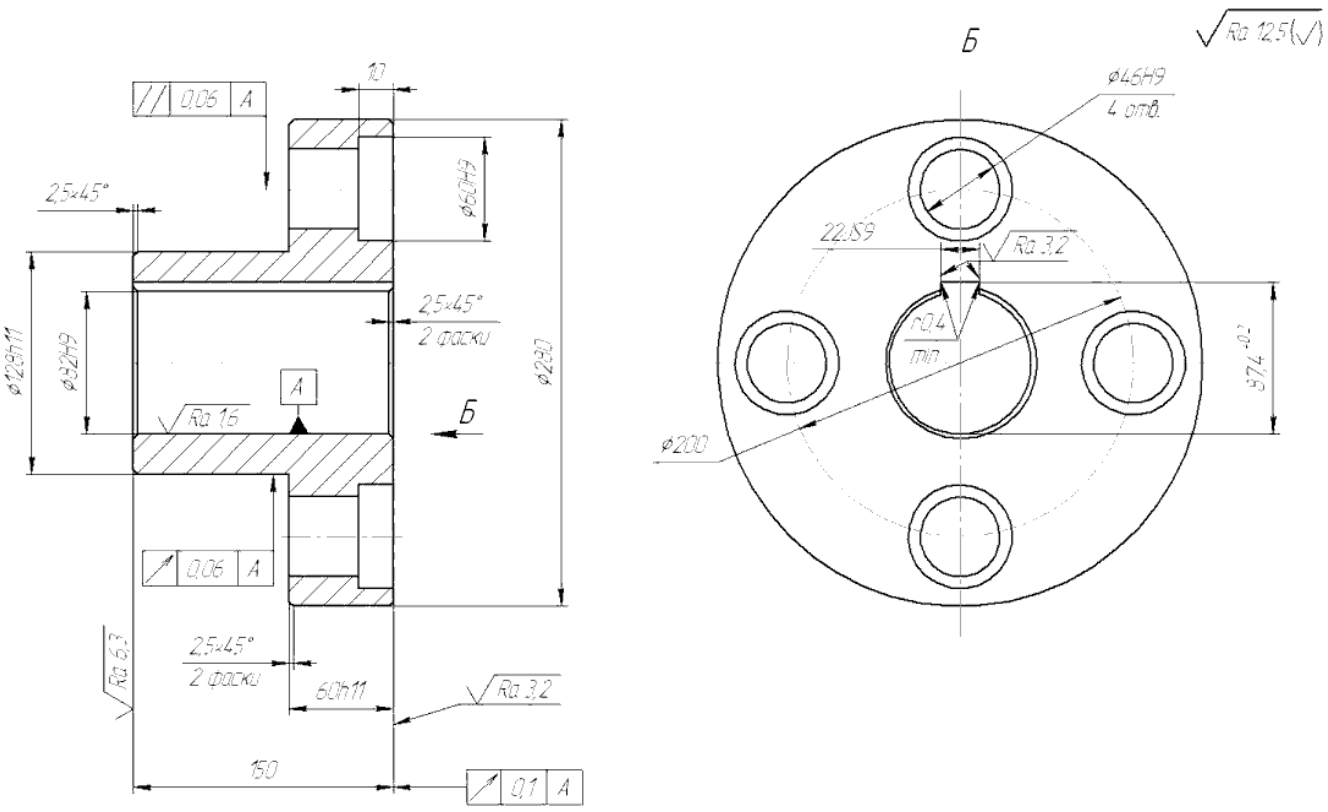


Рисунок 2.4 – Деталь Г

В ходе анализа технологического процесса выявлены следующие недостатки:
– использование универсального оборудования;
– на каждую деталь написан индивидуальный технологический процесс.

Для устранения существующих недостатков предлагается:
– разработать групповой технологический процесс;
– применить для закрепления заготовок сверлильное приспособление;
– разработать приспособление для контроля радиального биения;
– спроектировать шпоночную протяжку.

2.2 Разработка группового технологического процесса

Предлагается разработать групповой технологический процесс, первым этапом которого является разработка комплексной детали.

2.2.1 Разработка комплексной детали

Конструирование условной комплексной детали производится методом наложения. Вводится обозначение поверхностей деталей (рисунки 2.5-2.8). Базовой деталью выбирается деталь В. К ней добавляются те поверхности деталей А,

Б и Г, которых нет у детали В. Таким образом создается комплексная деталь (рисунок 2.9), содержащая все элементы деталей группы.

1.2.2 Выбор вида заготовки и метода её изготовления

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из главных вопросов проектирования процесса изготовления детали.

Детали А и Г изготовлены из углеродистой качественной стали 45 ГОСТ 4543-71. Детали Б и В изготовлены из низколегированной хромистой стали 45Х ГОСТ 4543-71.

В качестве заготовки для деталей А, Б, В и Г выбираем поковку, полученную свободной ковкой.

Квалитет допуска размера поковки IT14, шероховатость заготовки $Rz^{заг}$ = 200 мкм, дефектный слой $I^{заг}$ = 250 мкм.

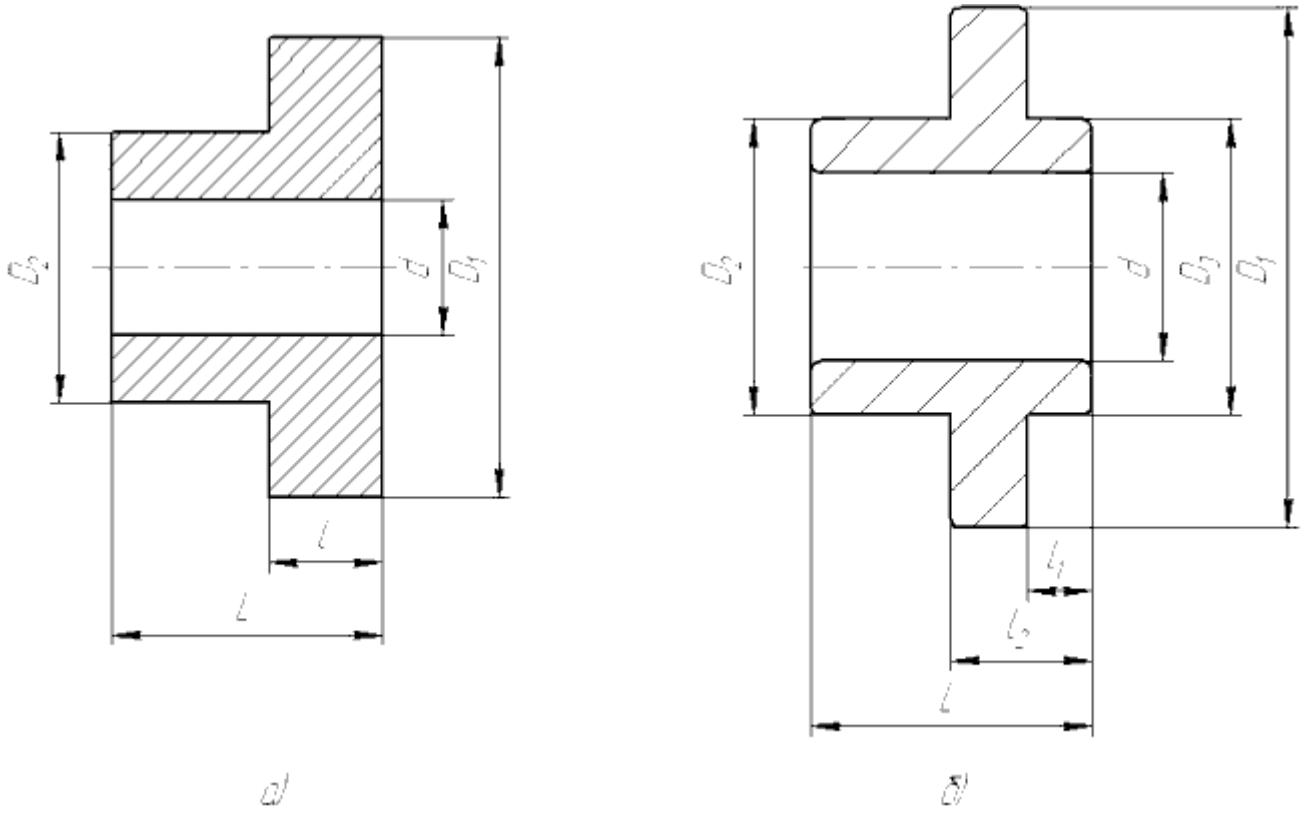


Рисунок 2.5 – Эскизы заготовки:
а – для деталей А, Б, Г; б – для детали В

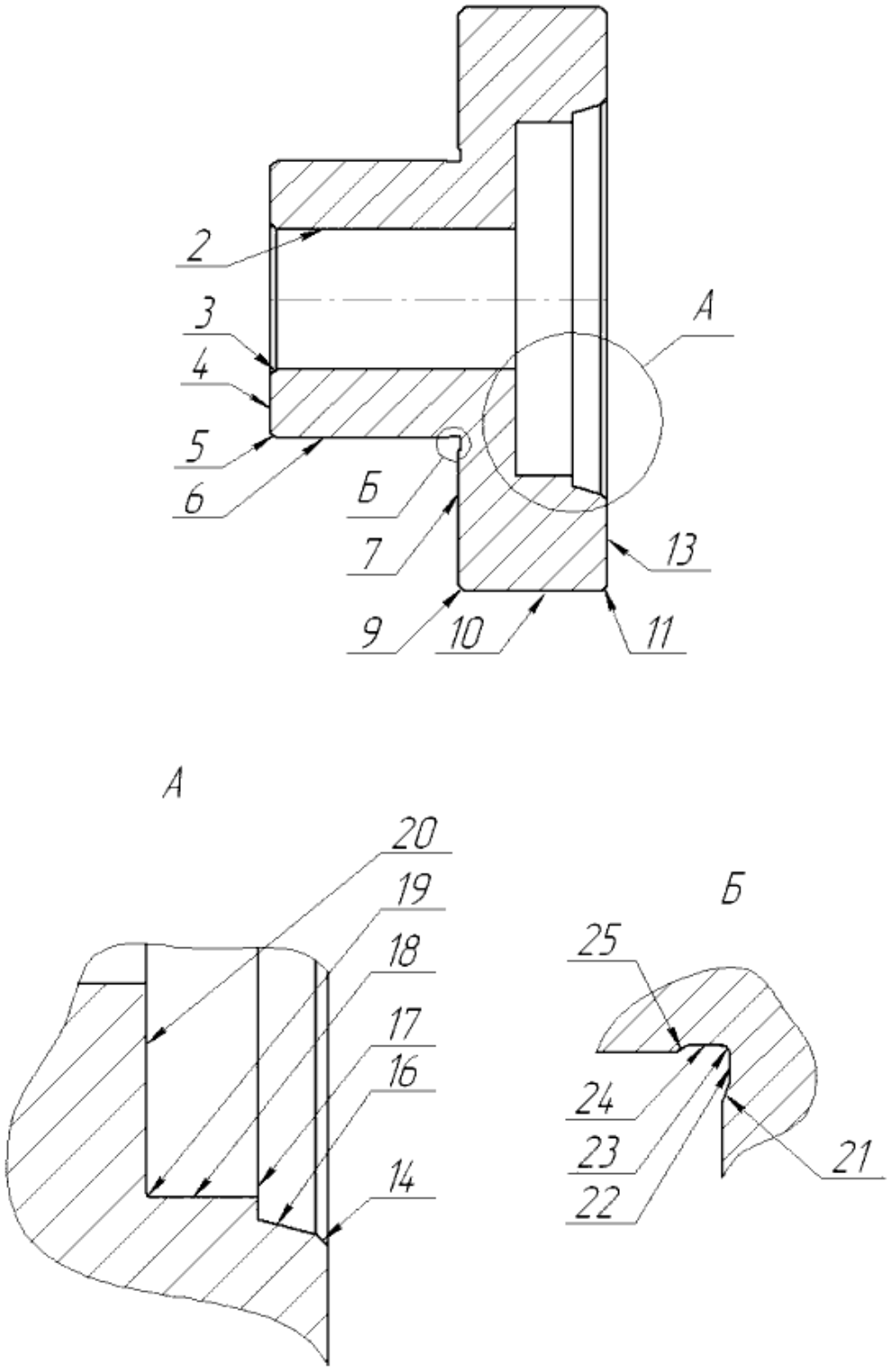


Рисунок 2.6 – Обозначение поверхностей детали Б

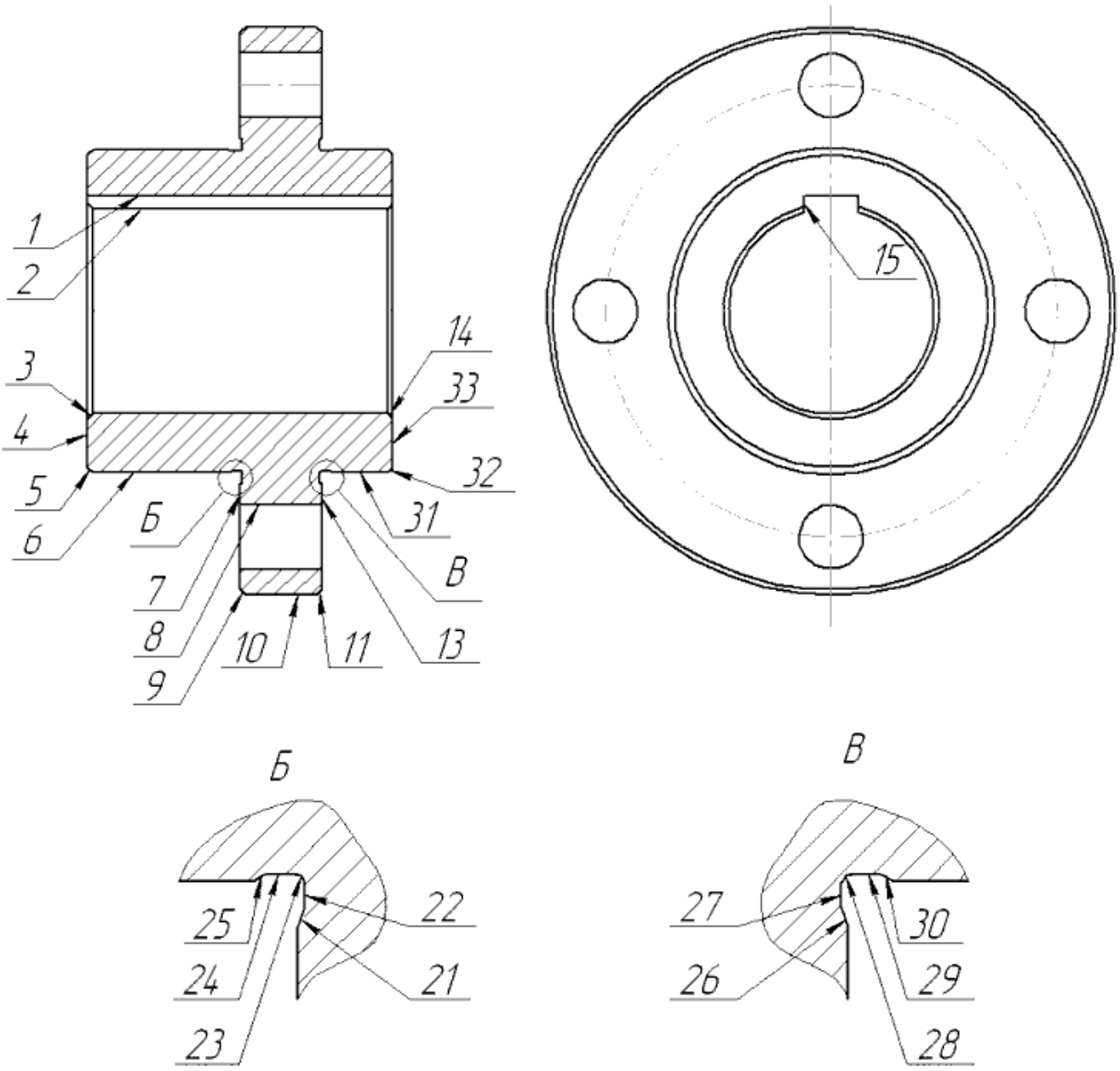


Рисунок 2.7 – Обозначение поверхностей детали В

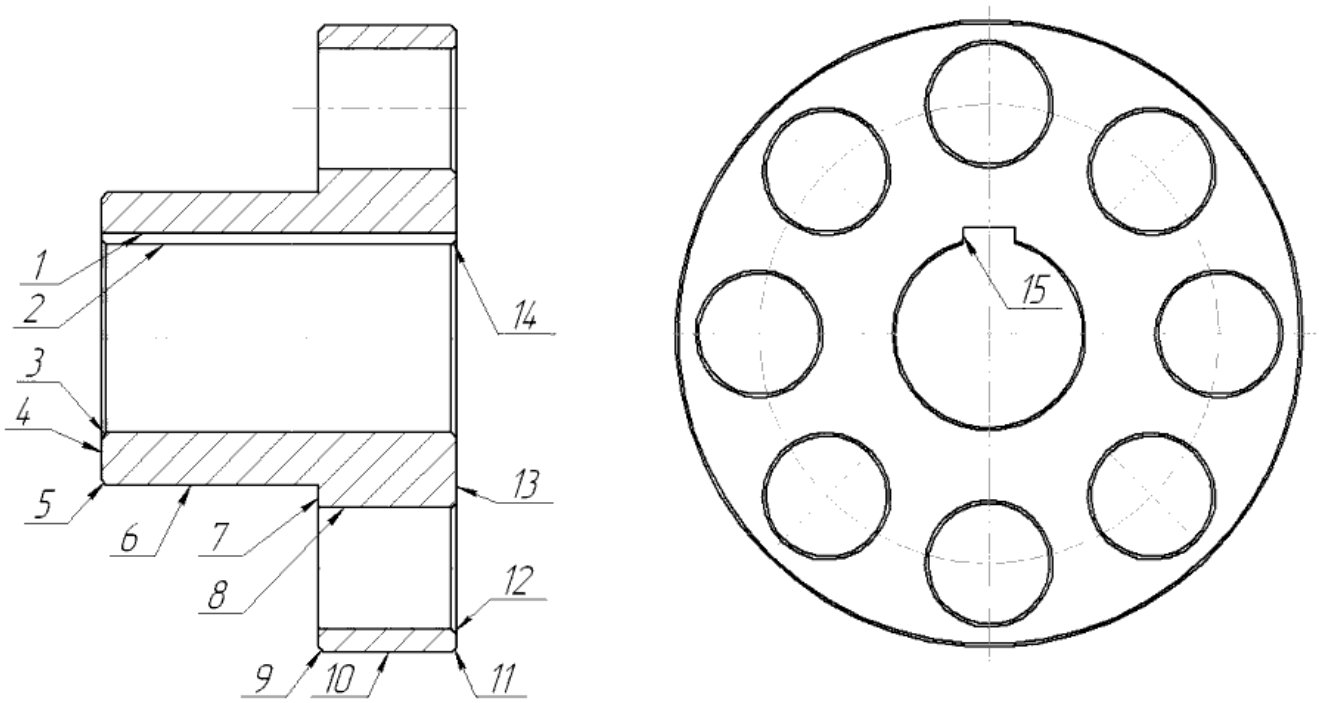


Рисунок 2.8 – Обозначение поверхностей детали А

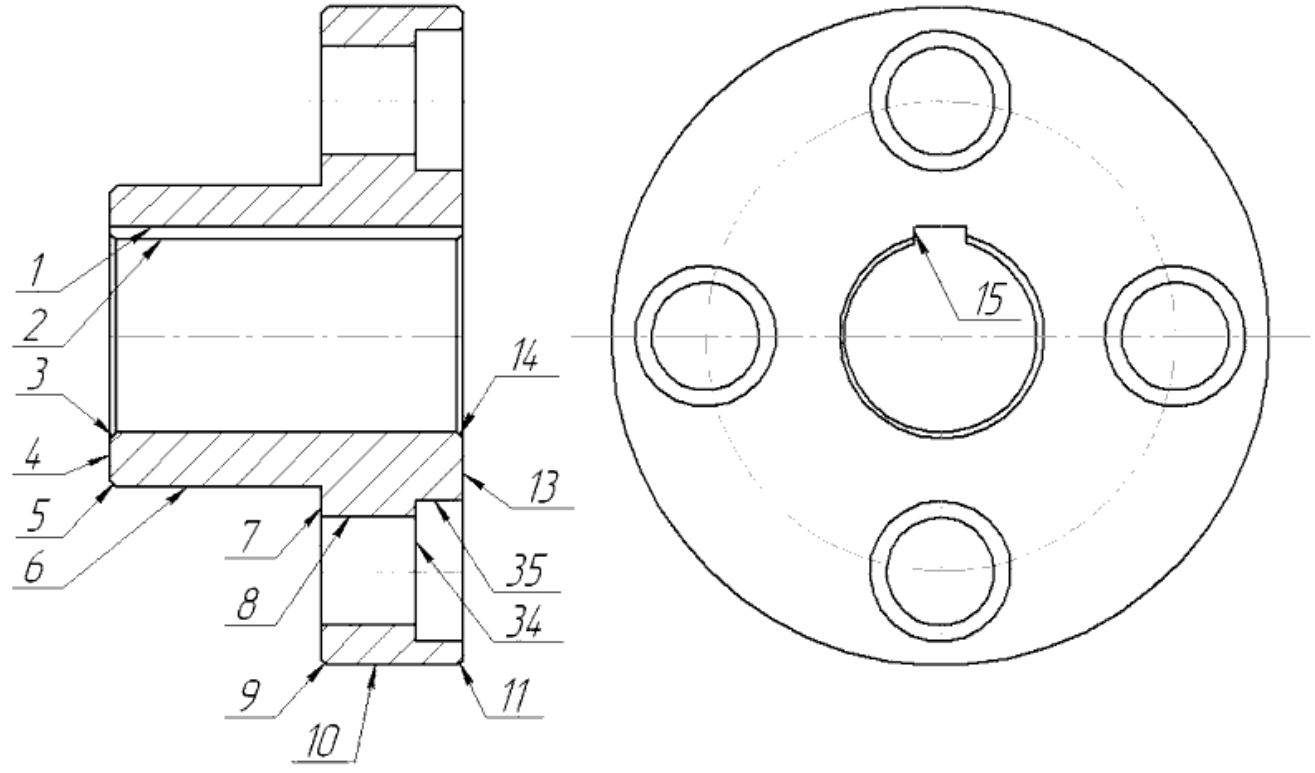


Рисунок 2.9 – Обозначение поверхностей детали Г

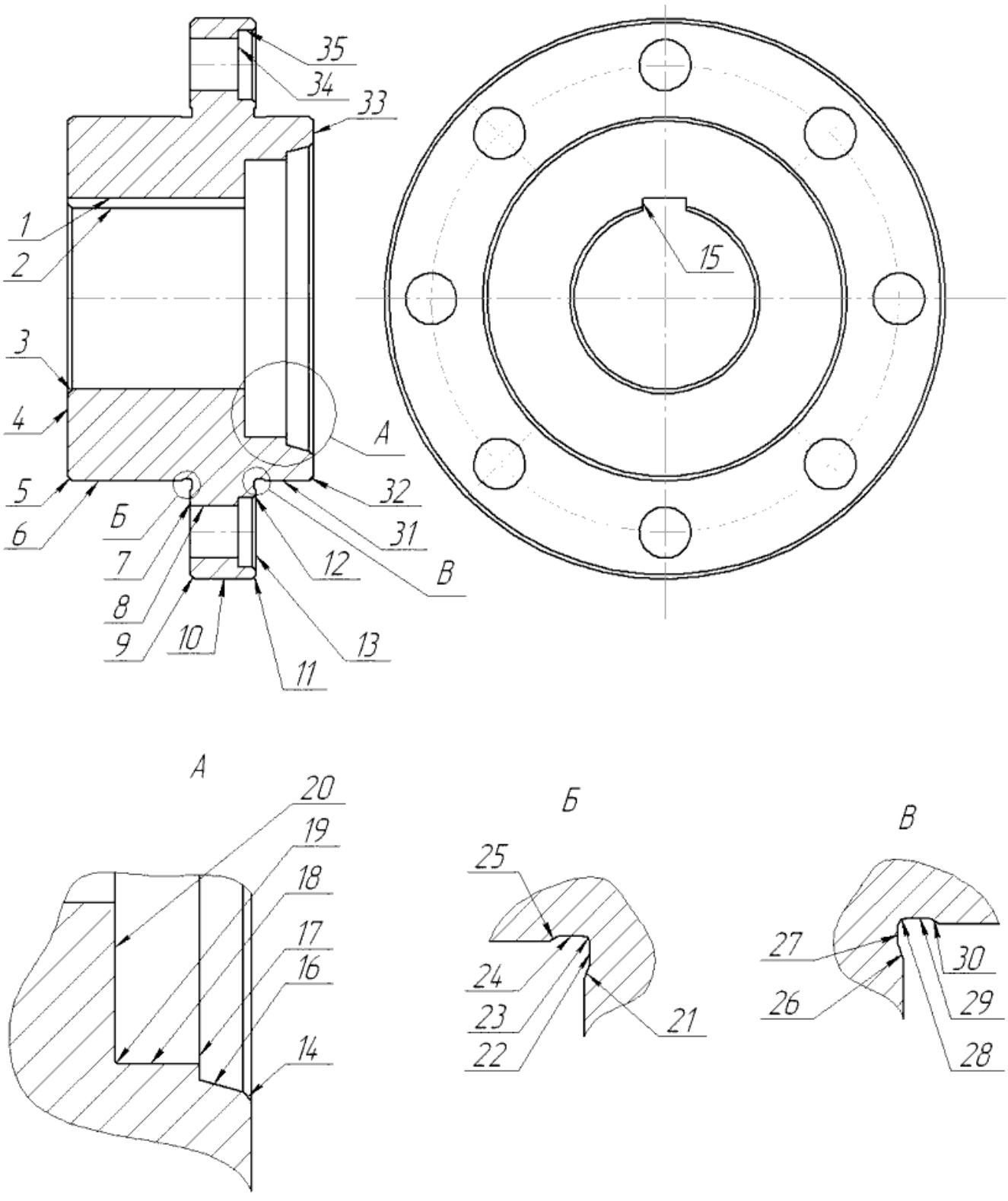


Рисунок 2.10 – Комплексная деталь

2.2.3 Выбор последовательности обработки поверхностей детали

Для определения последовательности обработки принимаются базовые поверхности [3]. Принятые базовые поверхности для деталей группы показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Базовые поверхности деталей группы

Деталь	Основная базовая поверхность	Функциональная поверхность	Вспомогательная базовая поверхность
А	Отверстие ø90H9, правый торец размера 66±1	Отверстие ø90H9	Остальные поверхности
Б	Наружный $ø120_{-0,22}$, левый торец размера 64±1	Наружный $ø120_{-0,22}$	Остальные поверхности
В	Отверстие $ø94^{+0,087}$, правый торец размера $140_{-0,1}$	Отверстие $ø94^{+0,087}$	Остальные поверхности
Г	Отверстие ø85H9, правый торец размера 60±1	Отверстие ø82H9	Остальные поверхности

Последовательность обработки деталей группы с учетом принятых базовых поверхностей отражена в таблицах 2.2 – 2.5.

Таблица 2.2 – Последовательность обработки детали А

Порядок операций	Базовые поверхности	Содержание операции
1	ø140h11 и левый торец размера 170h14	Предварительная обработка ø300h11, правого торца размера 170h14, ø90H7
2	ø90H9 и правый торец размера 170 h14	Предварительная обработка ø140h11, левого торца размера 66 h11, левого торца размера 170 h14
3	ø140h11 и левый торец размера 170 h14	Окончательная обработка ø300h11, правого торца размера 170 h14, ø90H7, 2-х фасок $2,5x45^0$
4	ø90H9 и правый торец размера 170 h14	Окончательная обработка ø140h11, левого торца размера 66 h11, левого торца размера 170 h14, 2-х фасок $2,5x45^0$

Продолжение таблицы 2.2

Порядок операций	Базовые поверхности	Содержание операции
5	ø90H7, левый торец размера 170 h14 и левый торец размера 66 h11	Обработка 8-ми отверстий ø58H9
6	ø90H7 и правый торец размера 170 h14	Обработка шпоночного паза 25JS9

Таблица 2.3 – Последовательность обработки детали Б

Порядок операций	Базовые поверхности	Содержание операции
1	Ø252h14 и правый торец размера 145h14	Предварительная обработка ø120h7, левого торца размера 145 h14, левого торца размера 64 h11, ø60H9\
2	ø120h7 и левый торец размера 145h14	Предварительная обработка Ø252h14, правого торца размера 145h14, ø152H14, ø168H14
3	Ø252h14 и правый торец размера 145h14	Окончательная обработка ø120 h7, левого торца размера 145 h14, левого торца размера 64 h11, ø60H9, 3-х фасок 2,5x45^0, канавки в размеры: 6, R1, 0,6, 20^0, 30^0, ø118,8
4	ø120h7 и левый торец размера 145h14	Окончательная обработка Ø252h14, правого торца размера 145 h14, ø152H14, ø168H14, 2-х фасок 2,5x45^0

Таблица 2.4 – Последовательность обработки детали В

Порядок операций	Базовые поверхности	Содержание операции
1	ø 148h11и левый торец размера 140h14	Предварительная обработка ø260h14, ø148h11, ø94H9, правого торца размера 140h14, левого торца размера 32±0,3
2	ø94H9 и правый торец размера 140h14	Предварительная обработка ø148 h11, левого торца размера 140 h14, левого торца размера 70±0,3

Продолжение таблицы 2.4

3	ø 148h11и левый торец размера 140h14	Окончательная обработка ø260h14, ø148h11, ø94H9, правого торца размера 140 h14, левого торца размера 32±0,3, 3-х фасок 2,5х45^0, канавки в размеры: 6, R1, 0,8, 20^0, 30^0, ø148,4
4	ø94H9 и правый торец размера 140h14	Окончательная обработка ø148 h11, левого торца размера 140 h14, левого торца размера 70±0,3, 3-х фасок 2,5х45^0, канавки в размеры: 6, R1, 0,8, 20^0, 30^0, ø146,4
5	ø94H9, левый торец размера 140 h14, левый торец размера 70±0,3	Обработка 4-х отверстий ø30H9
6	ø94H9 и левый торец размера 140h14	Обработка шпоночного паза 25JS9

Таблица 2.5 – Последовательность обработки детали Г

Порядок операций	Базовые поверхности	Содержание операции
1	ø128h11 и левый торец размера 150h14	Предварительная обработка ø280h14, ø82H9, правого торца размера 150 h14
2	ø85H9 и правый торец размера 150h14	Предварительная обработка ø128h11, левого торца размера 60 h11, левого торца размера 150h11
3	ø128h11 и левый торец размера 150h14	Окончательная обработка ø280h14, ø82H9, правого торца размера 150 h14, фасок 2,5х45^0
4	ø85H9 и правый торец размера 150h14	Предварительная обработка ø128h11, левого торца размера 60 h11, левого торца размера 150h14, 2-х фасок 2,5х45^0
5	ø85H9, левый торец размера 150h14, левый торец размера 60h11	Обработка 4-х отверстий ø46H9 и ø60H9
6	Ø85H9 и правый торец размера 150h14	Обработка шпоночного паза 25JS9

2.2.4 Определение количества переходов для обработки поверхностей деталей группы

Количество переходов, по рекомендациям [3], представлено в таблицах 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6 – Количество переходов для обработки поверхностей деталей А и Б

Деталь А	Деталь Б	Квалитет допуска	Шероховатость, Ra, мкм.	Переходы		
				Наименование	Квалитет допуска	Шероховатость, Ra, мкм.
1	2	3	4	5	6	7
Плоские поверхности						
1. Размер 170 (правый торец)	-	14	3,2	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое тонкое	 14 12 9 7	 50 25 6,3 1,6
2. Размер 170 (левый торец)	1. Размер 145 (правый торец)	14	6,3	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
3. Размер 66 (левый торец)	-	11	12,5	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
-	2. Размер 145 (левый торец)	14	6,3	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
-	3. Размер 64 (левый торец)	11	3,2	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое тонкое	 14 12 9 7	 50 25 6,3 1,6

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
-	4. Размер 39 (левый торец)	14	12,5	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
-	5. Размер 24 (правый торец)	14	12,5	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
Наружные цилиндрические поверхности						
1. ø300	-	11	6,3	Обтачивание: черновое получистовое чистовое	 12 11 8	 25 12,5 3,2
2. ø140	-	11	12,5	Обтачивание: черновое получистовое	 12 11	 25 12,5
-	1. ø252	14	12,5	Обтачивание: черновое получистовое	 12 11	 25 12,5
-	2. ø120	7	1,6	Обтачивание: черновое получистовое чистовое тонкое	 12 11 8 6	 25 12,5 3,2 0,8
Отверстия						
1. ø90	-	7	1,6	Растачивание: черновое получистовое чистовое тонкое	 12 10 9 7	 25 6,3 3,2 0,8
2. ø58	-	9	12,5	Сверление Развертывание: нормальное	12 9	25 3,2
-	1. ø168	14	12,5	Растачивание: черновое получистовое	 12 10	 25 6,3
-	2. ø152	14	12,5	Растачивание: черновое получистовое	 12 10	 25 6,3

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
-	3. ø60	9	3,2	Растачивание: черновое получистовое чистовое	 12 10 9	 25 6,3 3,2
Шпоночный паз						
1. 25	-	9	3,2	Протягивание: черновое получистовое чистовое	 11 9 7	 12,5 6,3 1,6

Таблица 2.7 – Количество переходов для обработки поверхностей деталей В и Г

Деталь В	Деталь Г	Квалитет допуска	Шероховатость, Ra, мкм.	Переходы		
				Наименование	Квалитет допуска	Шероховатость, Ra, мкм.
1	2	3	4	5	6	7
Плоские поверхности						
1. Размер 140 (правый торец)	1. Размер 150 (левый торец)	14	6,3	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
2. Размер 140 (левый торец)	-	14	6,3	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
3. Размер 70 (левый торец)	-	14	12,5	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
4. Размер 32 (левый торец)	-	14	12,5	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
-	2. Размер 150 (правый торец)	14	3,2	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое тонкое	 14 12 9 7	 50 25 6,3 1,6

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
-	3. Размер 60 (левый торец)	11	12,5	Торцевое точение: черновое получистовое чистовое	 14 12 9	 50 25 6,3
Наружные цилиндрические поверхности						
1. ø260	1. ø280	14	12,5	Обтачивание: черновое получистовое	 12 11	 25 12,5
2. ø148	-	11	6,3	Обтачивание: черновое получистовое чистовое	 12 11 8	 25 12,5 3,2
-	2. ø128	11	12,5	Обтачивание: черновое получистовое	 12 11	 25 12,5
Отверстия						
1. ø94	1. ø85	9	1,6	Растачивание: черновое получистовое чистовое тонкое	 12 10 9 7	 25 6,3 3,2 0,8
2. ø30	2. ø46	9	12,5	Сверление Развертывание: нормальное	12 9	25 3,2
-	3. ø60	9	12,5	Цекование: черновое чистовое	 12 10	 25 6,3
Шпоночный паз						
1. 25	1. 22	9	3,2	Протягивание: черновое получистовое чистовое	 11 9 7	 12,5 6,3 1,6

2.2.5 Формирование операций для деталей группы

Формирование операций для деталей А и Б приведено в таблице 2.8, для деталей В и Г – в таблице 2.9.

Таблица 2.8 – Формирование операций для деталей А и Б

№ операции	Код	Наименование операции, мод. оборудования	Содержание операции	
			Деталь А	Деталь Б
05	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение черновое правого торца размера 170, обтачивание черновое ø300	Точение черновое правого торца размера 145, обтачивание черновое ø252
			Позиция II	
			Растачивание черновое отверстия ø90	Растачивание черновое отверстий ø152, ø168, точение черновое левого торца размера 39, точение черновое правого торца размера 24
10	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение черновое левого торца размера 170	Точение черновое левого торца размера 145
			Позиция II	
			Точение черновое левого торца размера 66, обтачивание черновое ø140	Точение черновое левого торца размера 64, обтачивание черновое ø120
			Позиция III	
			-	Растачивание черновое отверстия ø60
15	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение получистовое и чистовое правого торца размера 170, обтачивание получистовое и чистовое ø300	Точение получистовое и чистовое правого торца размера 145, обтачивание получистовое ø252, точение фаски 2,5x45^0

Продолжение таблицы 2.8

			Позиция II	
			Растачивание получистовое и чистовое отверстия ø90	Растачивание получистовое отверстий ø152, ø168, точение получистовое и чистовое левого торца размера 39, точение получистовое и чистовое правого торца размера 24, точение радиуса R1, точение фаски 2,5х45^0
20	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение получистовое и чистовое левого торца размера 170	Точение получистовое и чистовое левого торца размера 145
			Позиция II	
			Точение получистовое и чистовое левого торца размера 66, обтачивание получистовое ø140, точение 3-х фасок 2,5х45^0	Точение получистовое и чистовое левого торца размера 64, обтачивание получистовое и чистовое ø120
			Позиция III	
				Растачивание получистовое и чистовое отверстия ø60, точение фаски 2,5х45^0
25	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение тонкое правого торца размера 170, точение фаски 2,5х45^0	Точение тонкое левого торца размера 64, обтачивание тонкое ø120, точение канавки в размеры: 6, R1, 0,6, 20^0, 30^0, ø118,8, точение 2-х фасок 2,5х45^0

Продолжение таблицы 2.8

			Позиция II	
			Растачивание тонкое отверстия ø90, точение фаски 2,5х45^0	-
30	4214	Сверлильная, мод.2170	1.Сверление 8-ми отверстий ø58	-
			2.Развертывание нормальное 8-ми отверстий ø58	
			3.Зенкование 8-ми фасок 2,5х45^0	
35	4181	Протяжная, мод. 7523	1.Протягивание черновое шпоночного паза 25	-
			2.Протягивание получистовое шпоночного паза 25	-
			3.Протягивание чистовое шпоночного паза 25	
40	0108	Слесарная, верстак слесарный	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок
45	0260	Контрольная		
50	0180	Маркирование	Маркировка на бирке: номер детали, индекс изделия на партию деталей	Маркировка на бирке: номер детали, индекс изделия на партию деталей

Таблица 2.9 – Формирование операций для деталей В и Г

№ операции	Код	Наименование операции, мод. оборудования	Содержание операции	
			Деталь В	Деталь Г
05	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение черновое правого торца размера 140	Точение черновое правого торца размера 150, обтачивание черновое ø280
			Позиция II	
			Точение черновое левого торца размера 32, обтачивание черновое ø148, обтачивание черновое ø260	Растачивание черновое отверстия ø82
			Позиция III	
			Растачивание черновое отверстия ø94	-
10	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение черновое левого торца размера 140	Точение черновое левого торца размера 150
			Позиция II	
			Точение черновое левого торца размера 70, обтачивание черновое ø148	Точение черновое левого торца размера 60, обтачивание черновое ø128
			Позиция III	
			Растачивание получистовое и чистовое отверстия ø94	Растачивание получистовое и чистовое отверстия ø82
15	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение получистовое и чистовое правого торца размера 140	Точение получистовое и чистовое правого торца размера 150, обтачивание получистовое ø280

Продолжение таблицы 2.9

			Позиция II	
			Точение получистовое и чистовое левого торца размера 32, обтачивание получистовое и чистовое ø148, обтачивание получистовое ø260, точение 2-х фасок 2,5х45^0, точение канавки в размеры: 6, R1, 0,8, 20^0, 30^0, ø146,4	Растачивание тонкое отверстия ø82, точение фаски 2,5х45^0
			Позиция III	
			Растачивание тонкое отверстия ø94, точение фаски 2,5х45^0	-
20	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			Точение получистовое и чистовое левого торца размера 140	Точение получистовое и чистовое левого торца размера 150
			Позиция II	
			Точение получистовое и чистовое левого торца размера 70, обтачивание получистовое и чистовое ø148, точение 3-х фасок 2,5х45^0, точение канавки в размеры: 6, R1, 0,8, 20^0, 30^0, ø146,4	Точение получистовое и чистовое левого торца размера 60, обтачивание получистовое ø128, точение 3-х фасок 2,5х45^0
25	4233	Токарная с ЧПУ, мод. NEF 400	Позиция I	
			-	Точение тонкое правого торца размера 150, точение фаски 2,5х45^0
30	4214	Сверлильная, мод.2170	1.Сверление 4-х отверстий ø30	1.Сверление 4-х отверстий ø46
			2.Развертывание нормальное 4-х отверстий ø30	2.Развертывание нормальное 4-х отверстий ø46
			-	3. Цекование черновое 4-х отверстий ø60
			-	3. Цекование чистовое 4-х отверстий ø60

Продолжение таблицы 2.9

35	4181	Протяжная, мод. 7523	1.Протягивание черновое шпоночного паза 25	1.Протягивание черновое шпоночного паза 22
			2.Протягивание получистовое шпоночного паза 25	2.Протягивание получистовое шпоночного паза 22
			3.Протягивание чистовое шпоночного паза 25	3.Протягивание чистовое шпоночного паза 22
40	0108	Слесарная, верстак слесарный	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок
45	0260	Контроль		
50	0180	Маркирование	Маркировка на бирке: номер детали, индекс изделия на партию деталей	Маркировка на бирке: номер детали, индекс изделия на партию деталей

Разработанные операции для всех деталей группы (см. таблицы 2.8 - 2.9) приведены в таблицах 2.10 – 2.17.

Таблица 2.10 – Оформление 05 операции

Обозначение	Переход									Комплексная деталь
	1 (поверхность 2)	2 (поверхность 10)	3 (поверхность 13)	4 (поверхность 16)	5 (поверхность 17)	6 (поверхность 18)	7 (поверхность 20)	8 (поверхность 31)	9 (поверхность 33)	
А	+			+	+					
Б	+			+		+	+	+	+	
В	+	+	+	+	+					
Г	+			+	+					

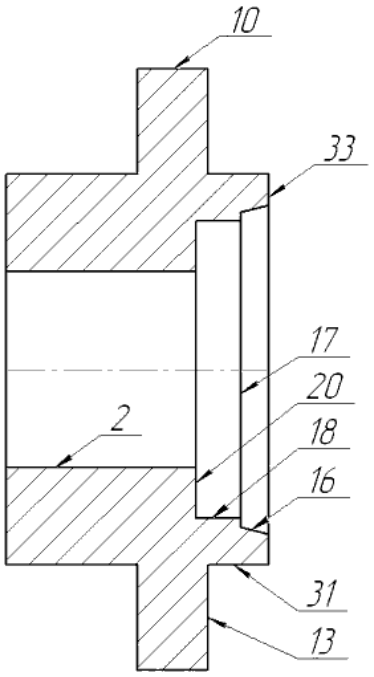


Таблица 2.11 – Оформление 10 операции

Обозначение	Переход				Комплексная деталь
	1 (поверхность 2)	2 (поверхность 4)	3 (поверхность 6)	4 (поверхность 7)	
А	+	+	+		
Б	+	+	+	+	
В	+	+	+	+	
Г	+	+	+	+	

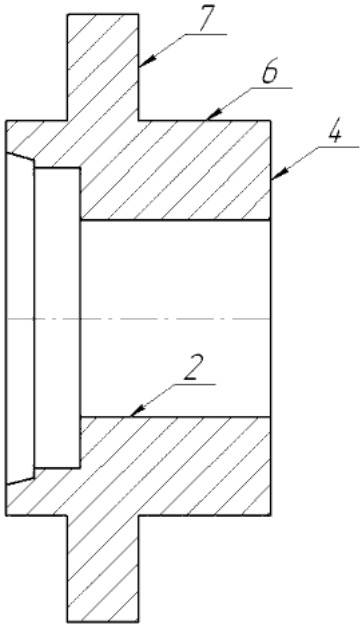


Таблица 2.12 – Оформление 15 операции

Обозначение	Переход										Комплексная деталь
	1 (поверхность 2)	2 (поверхность 10)	3 (поверхность 11)	4 (поверхность 13)	5 (поверхность 14)	6 (поверхности 16-)	7 (поверхности)	8 (поверхность 31)	9 (поверхность 32)	10 (поверхность 33)	
А	+			+				+			
Б	+			+		+			+	+	
В	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
Г	+			+				+		+	

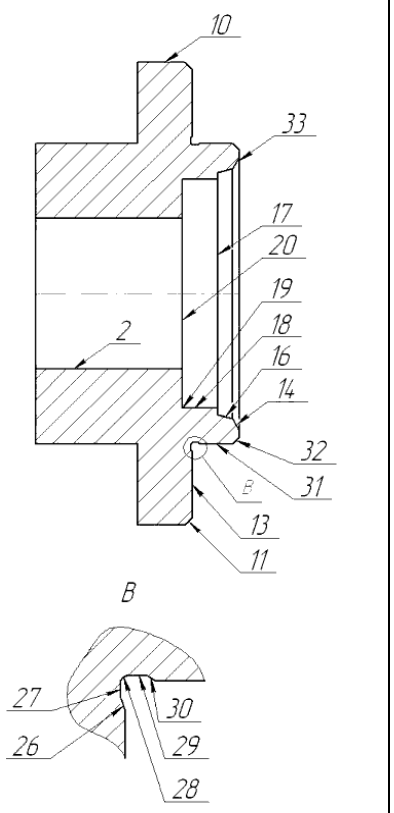


Таблица 2.13 – Оформление 20 операции

Обозначение	Переход								Комплексная деталь
	1 (поверхность 2)	2 (поверхность 3)	3 (поверхность 4)	4 (поверхность 5)	5 (поверхность 6)	6 (поверхность 7)	7 (поверхность 9)	8 (поверхности 21-25)	
А	+	+	+	+	+			+	
Б	+	+	+				+	+	
В	+	+	+	+	+	+		+	
Г	+	+	+	+	+			+	

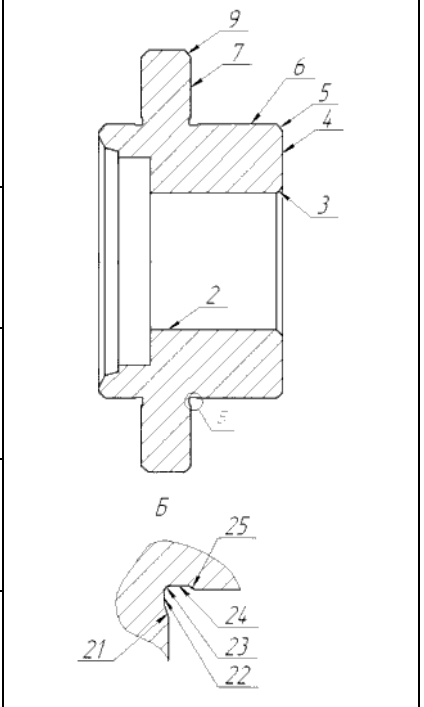


Таблица 2.14 – Оформление 25 операции

Обозначение	Переход				Комплексная деталь
	1 (поверхность 2)	2 (поверхность 11)	3 (поверхность 14)	4 (поверхность 33)	
А	+	+	+	+	
Б					
В					
Г	+	+			

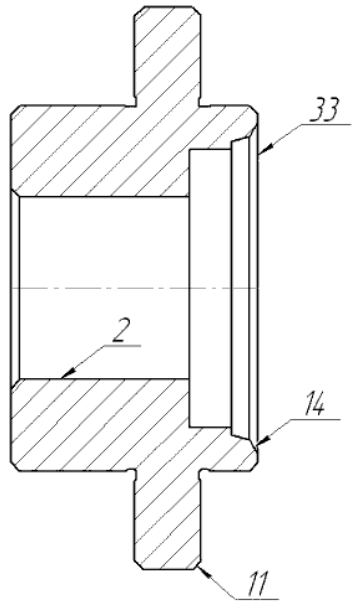


Таблица 2.15 – Оформление 30 операции

Обозначение	Переход					Комплексная деталь
	1 (поверхность 5)	2 (поверхность 6)	3 (поверхность 7)	4 (поверхность 9)	5 (поверхности 21-25)	
А						
Б	+	+	+	+	+	
В						
Г						

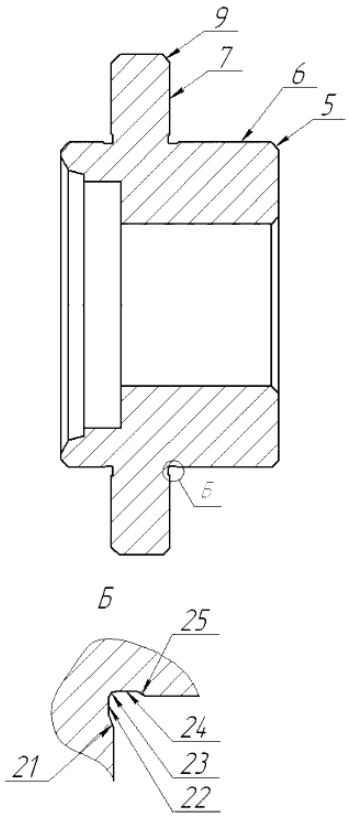


Таблица 2.16 – Оформление 35 операции

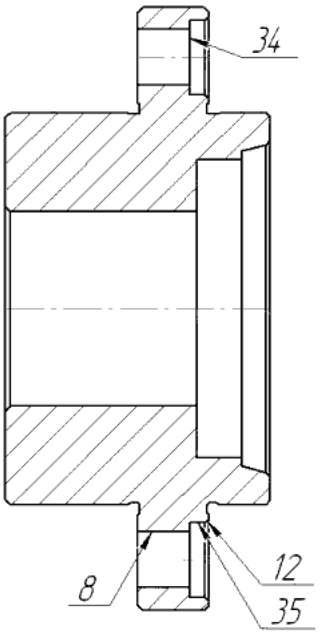
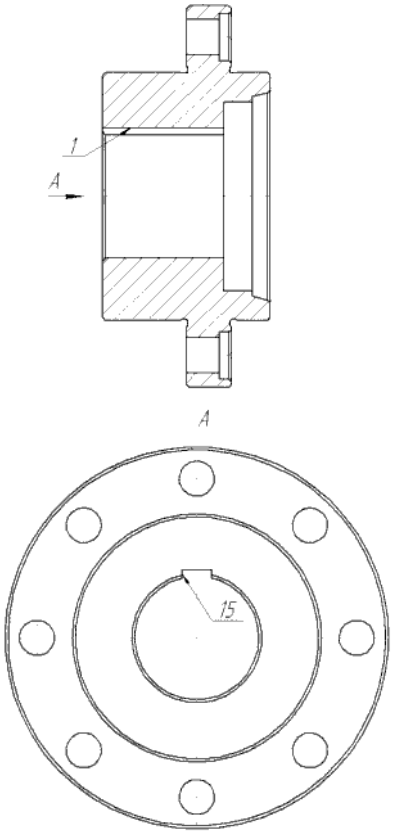
Обозначение		Комплексная деталь			
	1 (поверхность 8)	2 (поверхность 12)	3 (поверхность 34)	4 (поверхность 35)	
А	+			+	
Б					
В	+				
Г	+	+	+		

Таблица 2.17 – Оформление 40 операции

Обозначение	Комплексная деталь	
	1 (поверхности 1, 15)	
А	+	
Б		
В	+	
Г	+	

В соответствии с таблицей 2.10 – 05 операция токарная с ЧПУ состоит из переходов:

1) Подрезать торец 17;
2) Точить поверхность 15;
3) Подрезать торец 12;
4) Точить поверхность 10;
5) Расточить отверстие 1;
6) Расточить отверстие 22;
7) Подрезать торец 24;
8) Расточить отверстие 20;
9) Подрезать торец 21.

В соответствии с таблицей 2.11 – 10 операция токарная с ЧПУ состоит из переходов:

1) Подрезать торец 4;
2) Точить поверхность 6;
3) Подрезать торец 7;
4) Расточить отверстие 1.

В соответствии с таблицей 2.12 –15 операция токарная с ЧПУ состоит из переходов:

1) Подрезать торец 17;
2) Точить фаску 16;
3) Точить поверхность 15;
4) Точить поверхность 29;
5) Точить поверхность 28;
6) Точить поверхность 27;
7) Точить поверхность 26;
8) Точить поверхность 25;
9) Подрезать торец 12;
10) Точить фаску 11;
11) Точить поверхность 10;
12) Расточить отверстие 1;
13) Расточить отверстие 22;
14) Подрезать торец 24;
15) Точить радиус 23;
16) Расточить отверстие 20;
17) Подрезать торец 21;
18) Точить фаску 19.

В соответствии с таблицей 2.13 – 20 операция токарная с ЧПУ состоит из переходов:

1) Подрезать торец 4;

2) Точить фаску 5;
3) Точить поверхность 6;
4) Точить поверхность 29;
5) Точить поверхность 28;
6) Точить поверхность 27;
7) Точить поверхность 26;
8) Точить поверхность 25;
9) Подрезать торец 7;
10) Точить фаску 9;
11) Расточить отверстие 1;
12) Точить фаску 3.

В соответствии с таблицей 2.14 – 25 операция токарная с ЧПУ состоит из переходов:

1) Подрезать торец 17;
2) Точить фаску 11;
3) Расточить отверстие 1;
4) Точить фаску 19.

В соответствии с таблицей 2.15 – 30 операция токарная с ЧПУ состоит из переходов:

1) Точить фаску 5;
2) Точить поверхность 6;
3) Точить поверхность 29;
4) Точить поверхность 28;
5) Точить поверхность 27;
6) Точить поверхность 26;
7) Точить поверхность 25;
8) Подрезать торец 7;
9) Точить фаску 9.

В соответствии с таблицей 2.16 – 35 операция сверлильная состоит из переходов:

1) Сверлить отверстия 8;
2) Развернуть отверстия 8;
3) Цековать отверстия 13 и поверхность 30;
4) Зенковать фаски 14.

В соответствии с таблицей 2.17 – 40 операция протяжная состоит из переходов:

1) Протянуть паз 1 и 15.

2.3 Размерный анализ технологического процесса для базовой детали группы

Размерный анализ предлагается провести для детали В, как базовой детали группы.

Размерный анализ выполняют в следующей последовательности [3]:

а) преобразование чертежа детали в двух проекциях, на ось ОХ и ось OZ в системе координат XOZ;

б) намечаем маршрут обработки детали по операциям;

в) вычерчиваем размерные схемы;

д) записываем уравнения размерных цепей и производим их расчет.

Преобразованный чертеж детали показан в двух проекциях: по оси ОХ – в соответствии с рисунком 2.12, и по оси OZ – в соответствии с рисунком 2.11 в системе координат XOZ.

Технологический маршрут обработки детали В представлен в таблице 2.18.

На основании таблицы 2.18 вычерчиваем размерные схемы в соответствии с рисунками 2.13 и 2.14, а так же схему пространственных отклонений в соответствии с рисунком 2.15.

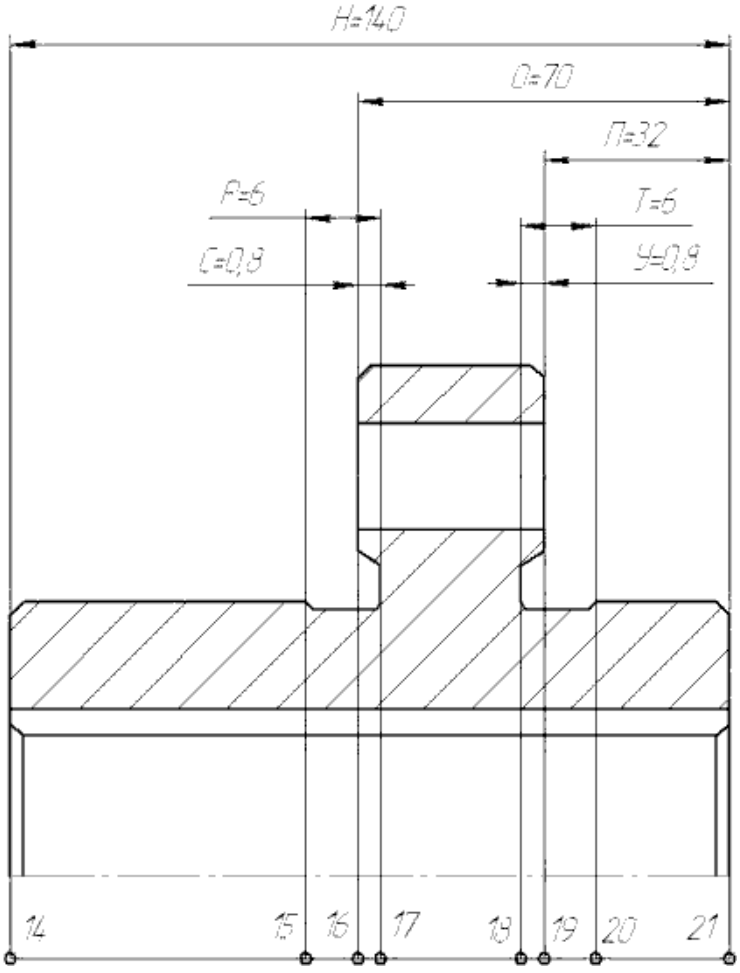


Рисунок 2.11 - Преобразованный чертёж детали В на ось OZ

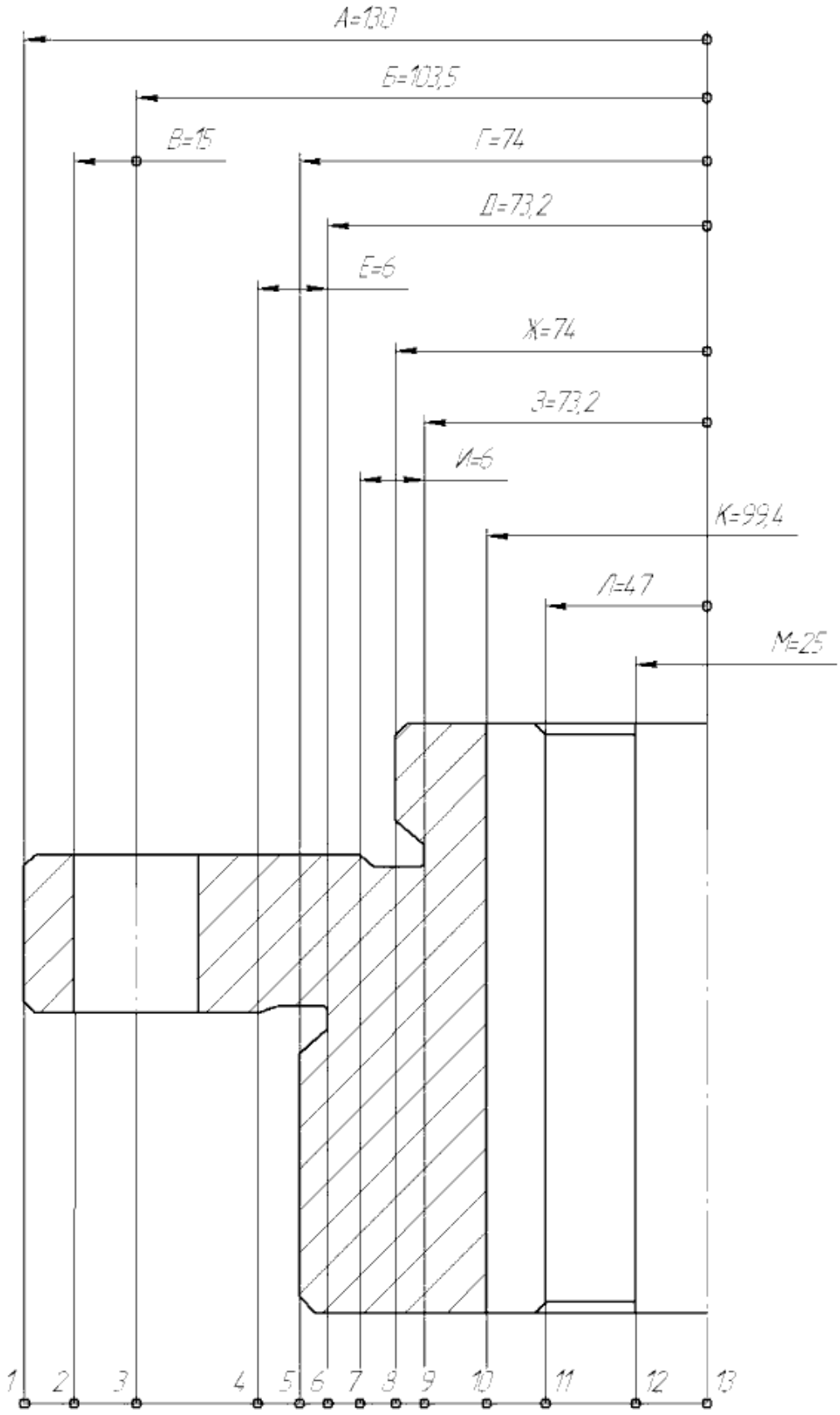
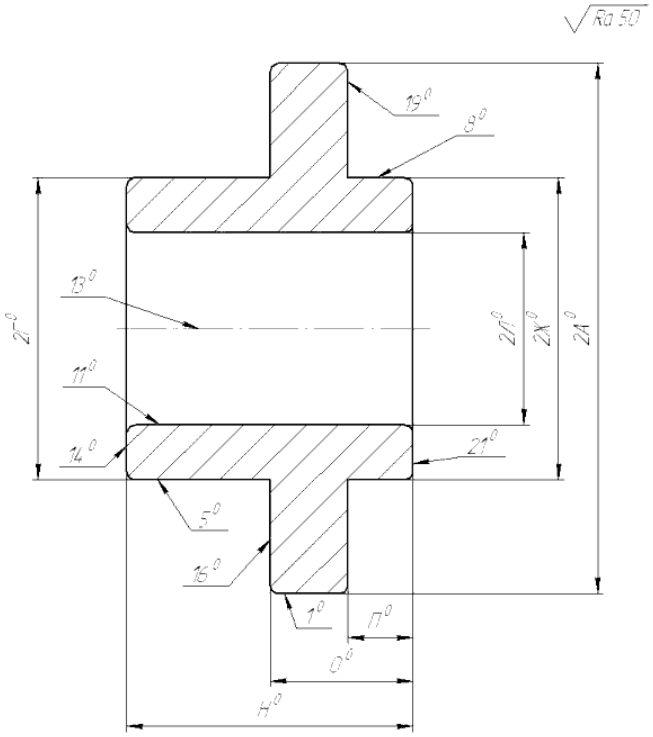
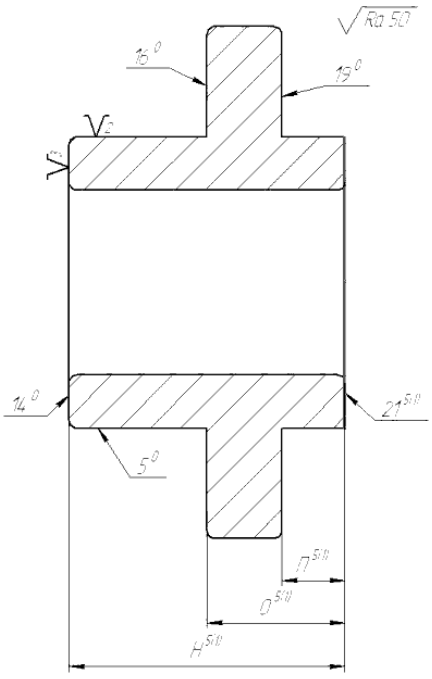
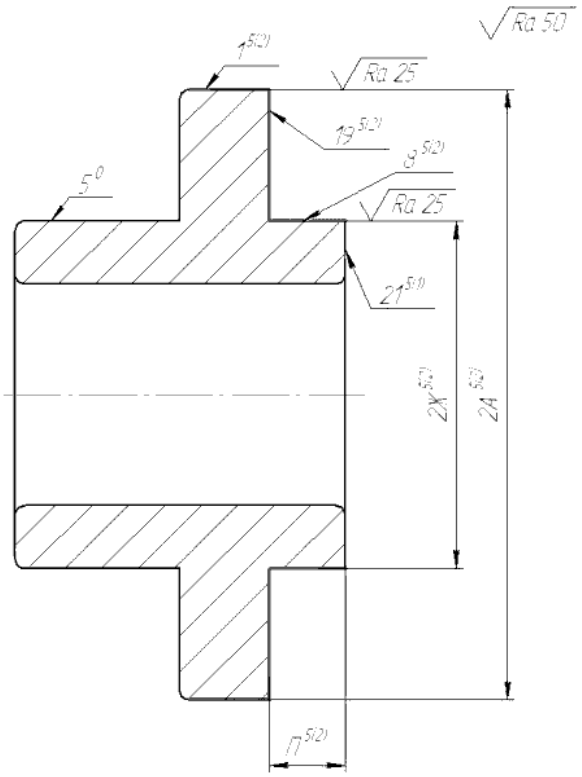
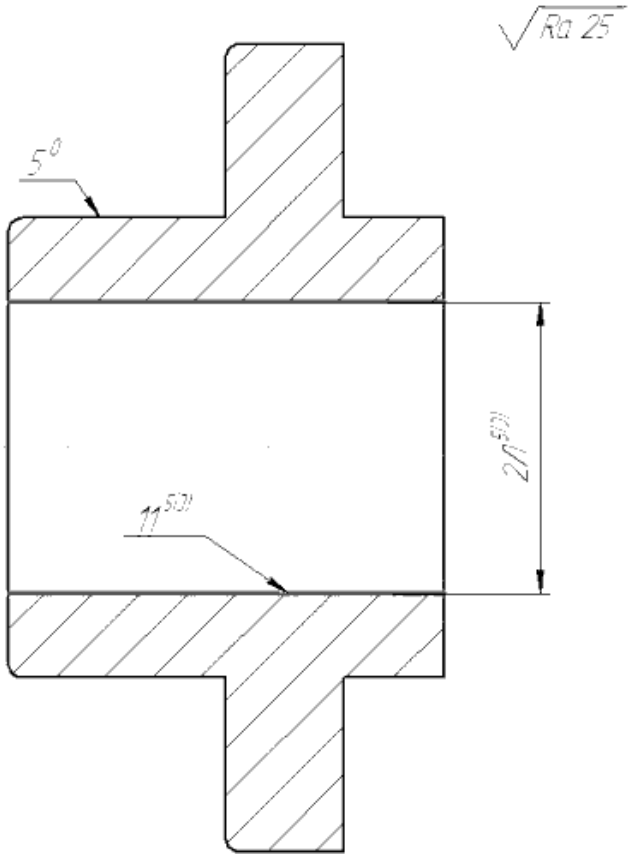


Рисунок 2.12 - Преобразованный чертёж детали В на ось ОХ

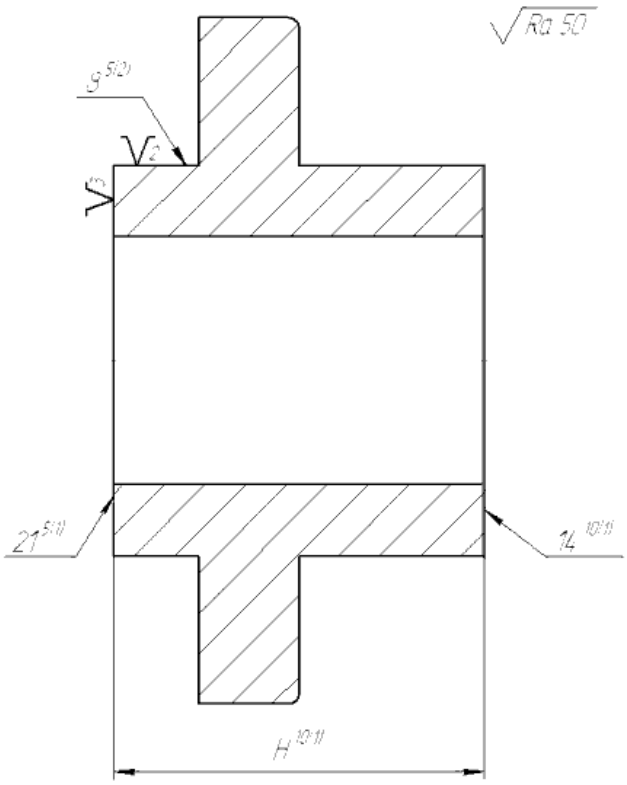
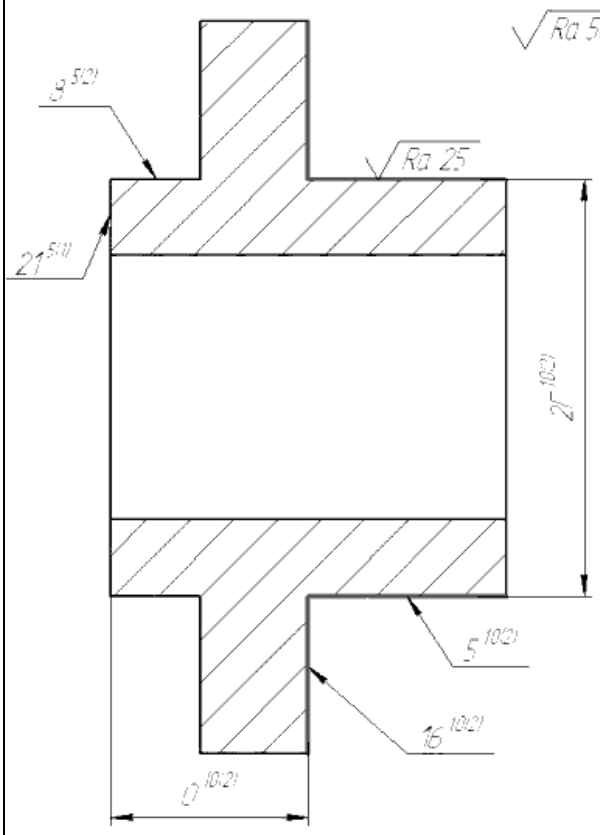
Таблица 2.18 – Технологический маршрут обработки детали В

№ и наим. опер-ции	Эскиз	Допуски и технические требования, мм
00 Заготовительная		ТП^0 =0,62 ТО^0 =0,74 ТН^0 =1,0 Т2А^0 = 1,3 Т2Л^0 = 0,87 Т2Ж^0 = 1,0 Т2Г^0 = 1,0 ◎ 8^0, 5^0 = 1,2 ◎ 11^0, 5^0 = 1,2 ◎ 1^0, 8^0 = 1,6 ⊥ 16^0, 13^0 = 1,0 ⊥ 19^0, 13^0 = 1,0 // 14^0, 21^0 = 0,6
05 Токарная с ЧПУ, I позиция		 ТН$^{5(1)}$ =1,0+0,6=1,6 ⊥21$^{5(1)}$, 5^0 = 0,6

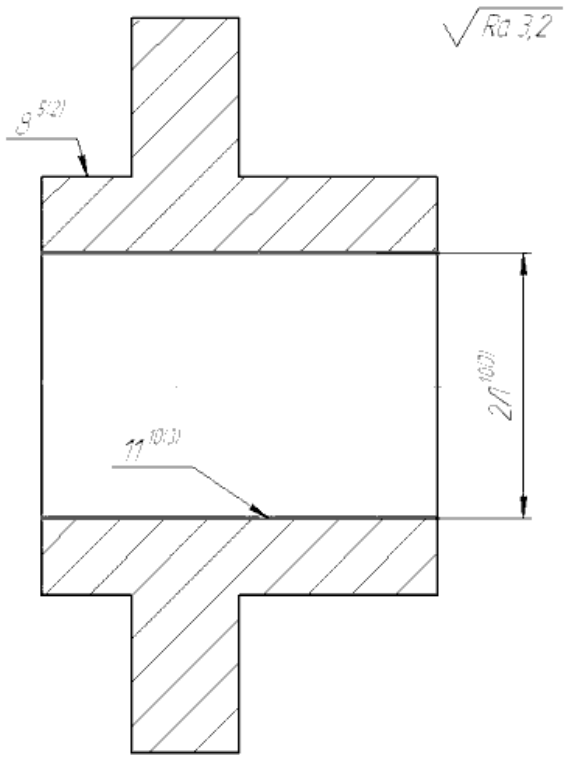
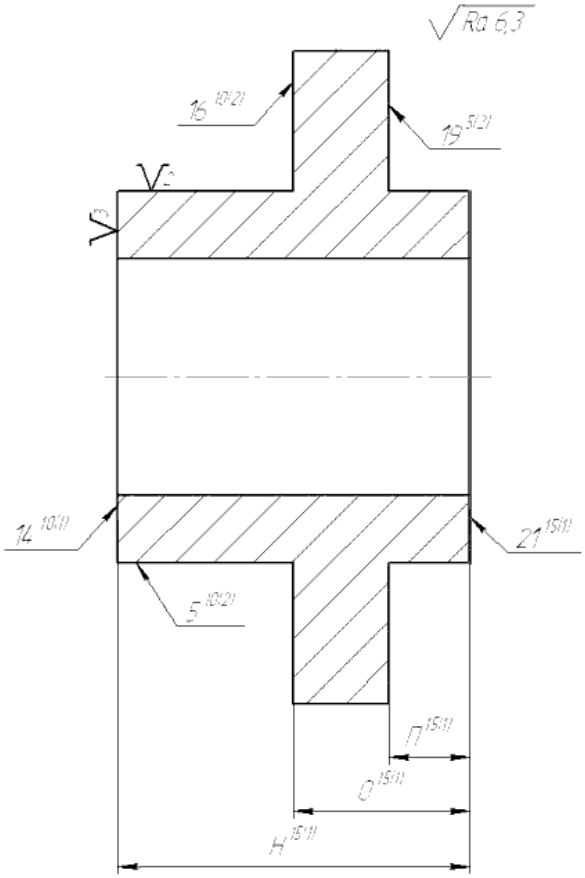
Продолжение таблицы 2.18

05 Токарная с ЧПУ, II позиция		$ТП^{5(2)} = 0,62+0,6=1,22$ $Т2А^{5(2)} = 0,52$ $Т2Ж^{5(2)} = 0,4$ ◎$8^{5(2)}$, $5^{0} = 1,2$ ◎$1^{5(2)}$, $8^{5(2)} = 1,6$ ⊥$19^{5(2)}$, $8^{5(2)} = 0,4$
05 Токарная с ЧПУ, III позиция		$Т2Л^{5(3)} = 0,35$ ◎$11^{5(3)}$, $5^{0} = 0,4$

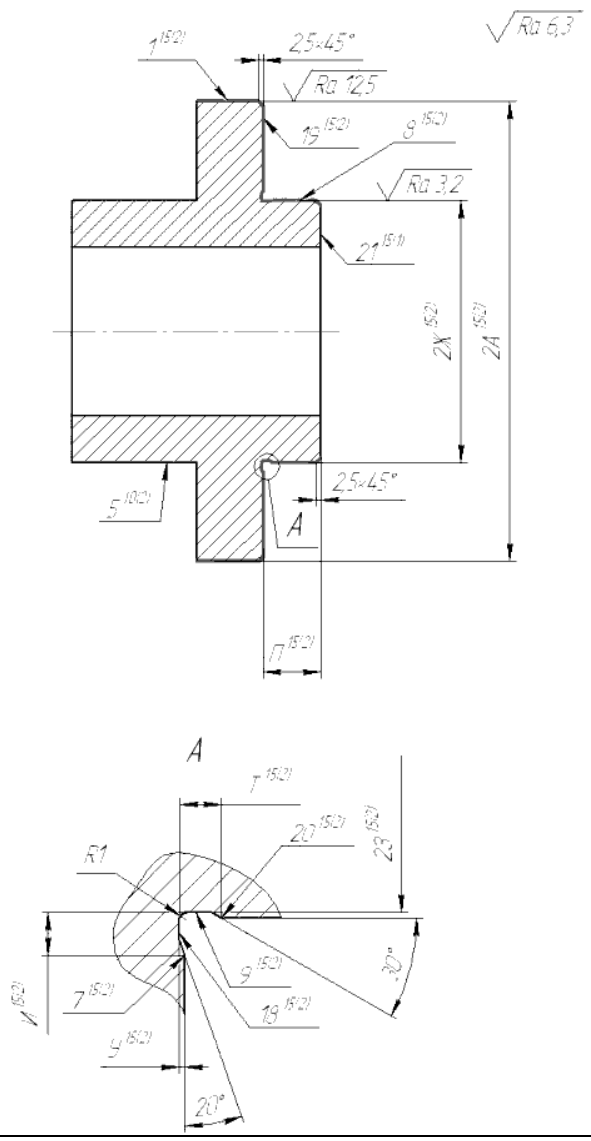
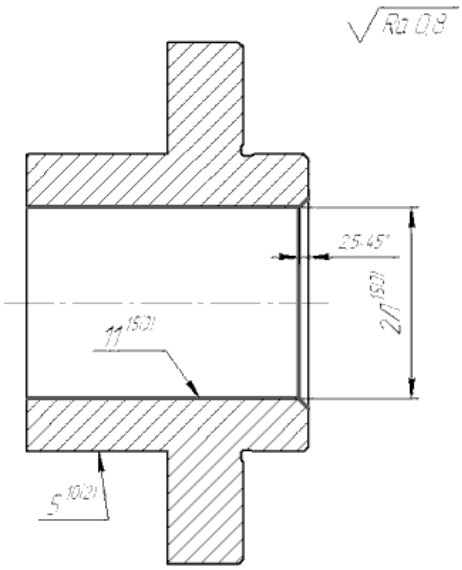
Продолжение таблицы 2.18

10 Токарная с ЧПУ, I позиция		[illegible] ТН$^{10(1)}$= 0,62+0,6=1,22 ⊥14$^{10(1)}$, 8$^{5(2)}$ = 0,6
10 Токарная с ЧПУ, II позиция		[illegible] ТО$^{10(2)}$=0,74+0,6=1,34 2Г$^{10(2)}$ = 0,4 ◎5$^{10(2)}$, 8$^{5(2)}$ = 1,2 ⊥16$^{10(2)}$, 5$^{10(2)}$ = 0,4

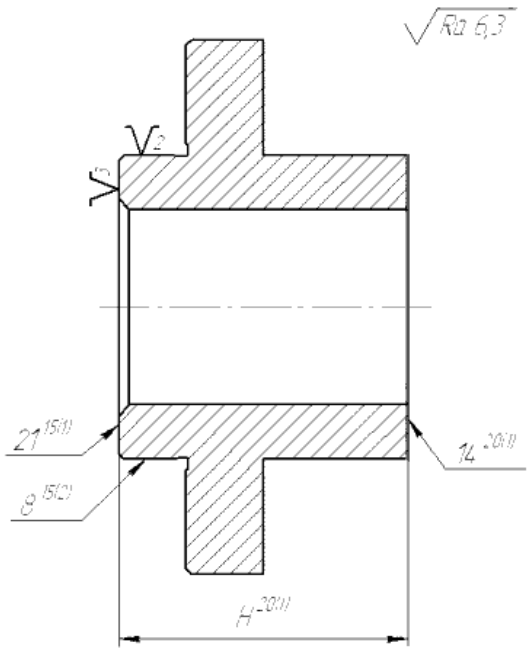
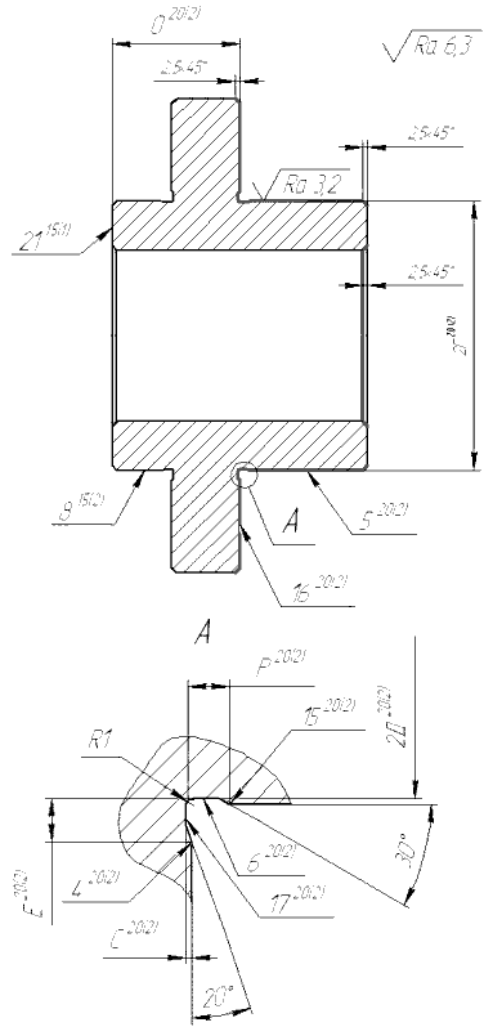
Продолжение таблицы 2.18

10 Токарная с ЧПУ, III позиция		Т2Л$^{10(3)}$ = 0,087 ◎11$^{10(3)}$, 8$^{5(2)}$ = 0,1
15 Токарная с ЧПУ, I позиция		[illegible] ТН$^{15(1)}$ =0,1+0,6=0,7 ⊥21$^{15(1)}$, 5$^{10(2)}$ = 0,06

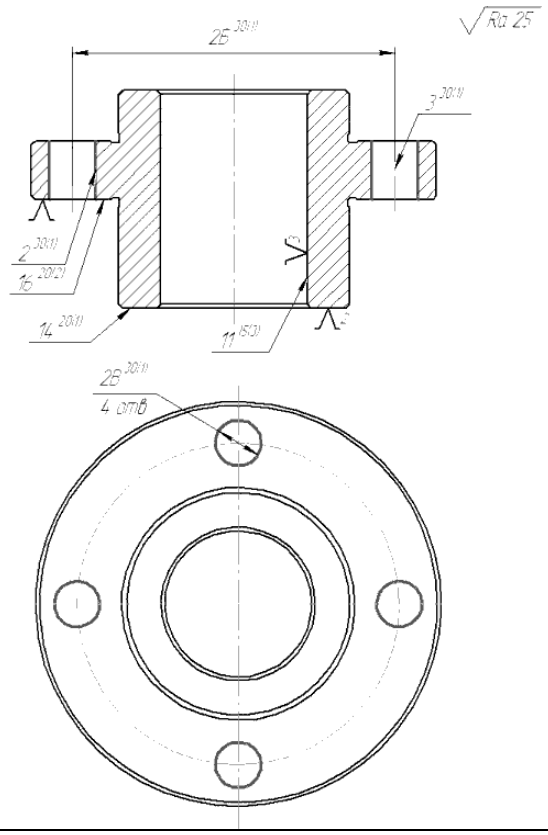
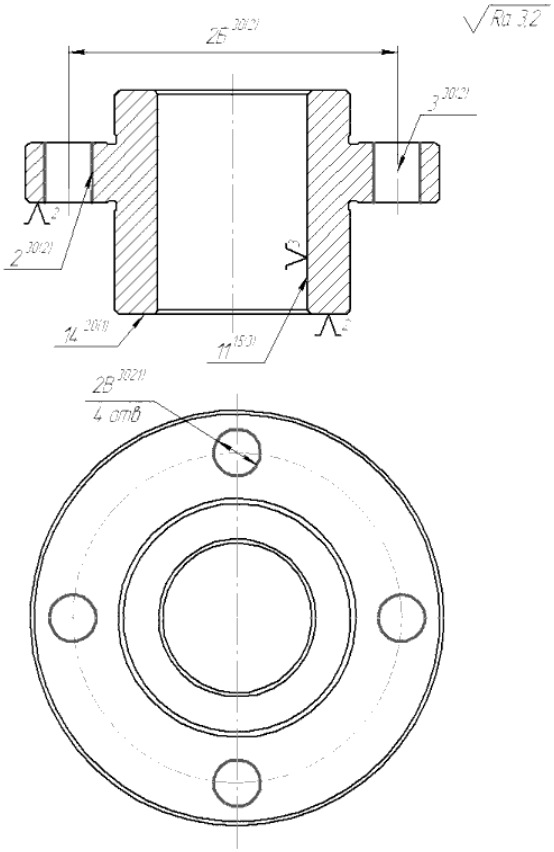
Продолжение таблицы 2.18

15 Токарная с ЧПУ, II позиция		[redacted] ТП$^{15(2)}$= 0,062+0,06=0,122 ТТ$^{15(2)}$ = 0,018 ТУ$^{15(2)}$ = 0,014 Т2Ж$^{15(2)}$ = 0,072 Т2А$^{15(2)}$ = 0,081 Т2З$^{15(2)}$ = 0,072 Т2И$^{15(2)}$ = 0,014 ◎8$^{15(2)}$, 5$^{10(2)}$ = 0,12 ◎1$^{15(2)}$, 8$^{15(2)}$ = 0,6
15 Токарная с ЧПУ, III позиция		Т2Л$^{15(3)}$ = 0,035 ◎11$^{15(3)}$, 5$^{10(2)}$ = 0,04

Продолжение таблицы 2.18

20 Токарная с ЧПУ, I позиция		$ТН^{20(1)}$= 0,1+0,06=0,16 ⊥$14^{20(1)}$, $8^{15(2)}$ = 0,06
20 Токарная с ЧПУ, II позиция		$ТО^{20(2)}$= 0,074+0,06=0,136 $ТР^{20(2)}$ = 0,018 $ТС^{20(2)}$ = 0,014 $Т2Г^{20(2)}$ = 0,072 $Т2Д^{20(2)}$ = 0,072 $Т2Е^{20(2)}$ = 0,014 ◎$5^{20(2)}$, $8^{15(2)}$ = 0,12

Продолжение таблицы 2.18

30 Сверлильная, 1 переход		Т2Б$^{30(1)}$ = 0,46 Т2В$^{30(1)}$ = 0,21 //З$^{30(1)}$, 11$^{15(3)}$ = 0,5 ⊥З$^{30(1)}$, 14$^{20(1)}$ = 0,2 //2$^{30(1)}$, 11$^{15(3)}$ = 0,25
30 Сверлильная, 2 переход		Т2Б$^{30(2)}$ = 0,115 Т2В$^{30(2)}$ = 0,052 //З$^{30(2)}$, 11$^{15(3)}$ = 0,1 ⊥З$^{30(2)}$, 14$^{20(1)}$ = 0,05 //2$^{30(2)}$, 11$^{15(3)}$ = 0,06

Продолжение таблицы 2.18

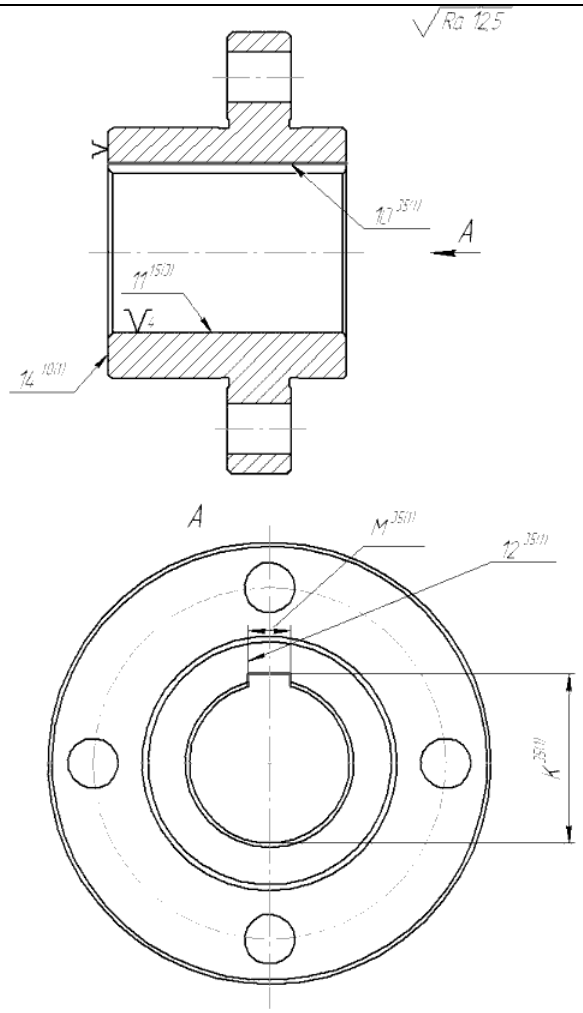
35 Протяжная		$ТМ^{35(1)} = 0,13$ $ТК^{35(1)} = 0,22$

Рисунок 2.13 – Схема диаметральных размеров

Рисунок 2.14 – Схема линейных размеров

Рисунок 2.15 – Схема пространственных отклонений

2.3.1 Составление уравнений размерных цепей

Исходя из схемы первой проекции размеров детали (см. рисунок 2.13) по каждому переходу в соответствующей операции составляется уравнение размерной цепи с целью определения номинального межоперационного размера, где замыкающим звеном является припуск на обработку.

$[Z_5^{20(2)}] = Г^{10(2)} – 8^{15(2)},5^{10(2)} – 5^{20(2)},8^{15(2)} – Г^{20(2)}$
$[Z_{10}^{35(3)}] = К^{35(3)} – К^{35(2)}$
$[Z_{12}^{35(3)}] = М^{35(3)} – 12^{35(3)},11^{15(3)} – 12^{35(2)},11^{15(3)} – М^{35(2)}$
$[Z_{10}^{35(2)}] = К^{35(2)} – К^{35(1)}$
$[Z_{12}^{35(2)}] = М^{35(2)} – 12^{35(2)},11^{15(3)} – 12^{35(1)},11^{15(3)} – М^{35(1)}$
$[Z_2^{30(2)}] = В^{30(2)} + Б^{30(2)} – Б^{30(1)} – В^{30(1)}$
$[Z_{11}^{15(3)}] = Л^{15(3)} – 11^{15(3)},5^{10(2)} – 5^{10(2)},8^{5(2)} – 11^{10(3)},8^{5(2)} – Л^{10(3)}$
$[Z_1^{15(2)}] = А^{5(2)} – 1^{5(2)},8^{5(2)} – 5^{10(2)},8^{5(2)} – 8^{15(2)},5^{10(2)} - 1^{15(2)},8^{15(2)} – А^{15(2)}$
$[Z_8^{15(2)}] = Ж^{5(2)} – 5^{10(2)},8^{5(2)} – 8^{15(2)},5^{10(2)} – Ж^{15(2)}$
$[Z_{11}^{10(3)}] = Л^{10(3)} –11^{10(3)},8^{5(2)} – 8^{5(2)},5^0 – 11^{5(3)},5^0 – Л^{5(3)}$
$[Z_5^{10(2)}] = Г^0 – 8^{5(2)},5^0 – 5^{10(2)},8^{5(2)} – Г^{10(2)}$
$[Z_{11}^{5(3)}] = Л^{5(3)} – 11^{5(3)},5^0 – 11^0,5^0 — Л^0$
$[Z_1^{5(2)}] = А^0 – 1^0,8^0 – 8^0,5^0 - 8^{5(2)},5^0 – 1^{5(2)},8^{5(2)} - А^{5(2)}$
$[Z_8^{5(2)}] = Ж^0 – 8^0,5^0 – 8^{5(2)},5^0 – Ж^{5(2)}$

Исходя из схемы второй проекции размеров детали (см. рисунок 2.14) по каждому переходу в соответствующей операции составляется уравнение размерной цепи с целью определения номинального межоперационного размера, где замыкающим звеном является припуск на обработку.

$[Z_{16}^{20(2)}] = О^{15(1)} – О^{20(2)}$
$[Z_{14}^{20(1)}] = Н^{15(1)} – Н^{20(1)}$
$[Z_{19}^{15(2)}] = П^{15(2)} – П^{15(1)}$
$[Z_{21}^{15(1)}] = Н^{10(1)} – Н^{15(1)}$
$[Z_{21}^{15(1)}] = О^{10(2)} – О^{15(1)}$
$[Z_{21}^{15(1)}] = П^{5(2)} – П^{15(1)}$
$[Z_{16}^{10(2)}] = О^{5(1)} – О^{10(2)}$
$[Z_{14}^{10(1)}] = Н^{5(1)} – Н^{10(1)}$
$[Z_{19}^{5(2)}] = П^{5(2)} – П^{5(1)}$
$[Z_{21}^{5(1)}] = Н^0 – Н^{5(1)}$
$[Z_{21}^{15(1)}] = О^0 – О^{5(1)}$
$[Z_{21}^{15(1)}] = П^0 – П^{5(1)}$

2.3.2 Расчет межоперационных размеров и размеров заготовки

Операция 020 Токарная с ЧПУ, II позиция.
Дано: $Г^{20(2)}_{min}$ =73,964 мм, $Г^{20(2)}_{max}$ =74 мм, $ТГ^{10(2)}$ = 0,2 мм.
Минимальный припуск на обработку равен шероховатости предшествующего метода обработки:

$$Z_5{}^{20(2)}_{min} = 0{,}05 \text{ мм}$$

Составляем уравнение в соответствии со схемой диаметральных размеров:

$$[Z_5{}^{20(2)}] = Г^{10(2)} - 8^{15(2)},5^{10(2)} - 5^{20(2)},8^{15(2)} - Г^{20(2)}$$

Далее определяем увеличивающие и уменьшающие звенья:

$$Z_5{}^{20(2)}{}_{min} = Г^{10(2)}{}_{min} - 8^{15(2)},5^{10(2)}{}_{max} - 5^{20(2)},8^{15(2)}{}_{max} - Г^{20(2)}_{max}$$

Из таблицы 2.18 известно, что:
$8^{15(2)},5^{10(2)} = \pm 0{,}06$ мм,
$5^{20(2)},8^{15(2)} = \pm 0{,}06$ мм.

Выразим неизвестную величину $Б^{15(5)}{}_{max}$:

$$Г^{10(2)}{}_{min} = 8^{15(2)},5^{10(2)}{}_{max} + 5^{20(2)},8^{15(2)}{}_{max} + Г^{20(2)}_{max} + Z_5{}^{20(2)}{}_{min}$$

$$Г^{10(2)}{}_{min} = 0{,}06+0{,}06+74+0{,}05 = 74{,}17 \text{ мм}$$

$$Г^{10(2)}{}_{max} = Г^{10(2)}{}_{min} + ТГ^{10(2)}$$

$$Г^{10(2)}{}_{max} = 74{,}17+0{,}2 = 74{,}37 \text{ мм}$$

Определим максимальный припуск на обработку:

$$Z_5{}^{20(2)}{}_{max} = Г^{10(2)}{}_{max} - 8^{15(2)},5^{10(2)}{}_{min} - 5^{20(2)},8^{15(2)}{}_{min} - Г^{20(2)}{}_{min}$$

$$Z_5{}^{20(2)}{}_{max} = 74{,}37+0{,}06+0{,}06-73{,}964 = 0{,}526 \text{ мм}$$

Определим номинальный размер:

$$Г^{10(2)}{}_{ном} = Г^{10(2)}{}_{max} - es$$

$$Г^{10(2)}{}_{ном} = 74{,}37-0 = 74{,}37 \text{ мм}$$

$$Г^{10(2)} = 74{,}37_{-0{,}2} \text{ мм}$$

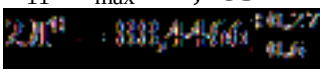
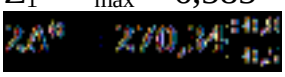
$$2Г^{10(2)} = 148{,}74_{-0{,}4} \text{ мм}$$

Остальные уравнения, составленные по схеме диаметральных размеров, рассчитываются аналогично. Результаты расчёта сводим в таблицу 2.19

Таблица 2.19 – Результаты расчёта размерных цепей по схеме диаметральных размеров

Уравнение	Исходные данные, мм	2A Zmax, мм
$[Z_{10}{}^{35(3)}] = К^{35(3)} – К^{35(2)}$	$К^{35(3)}{}_{min} = 99,4$ $К^{35(3)}{}_{max} = 99,435$ $ТК^{35(2)}=0,087$ $Z_{10}{}^{35(3)}{}_{min} = 0,0063$	$Z_{10}{}^{35(3)}{}_{max} = 0,1283$ $К^{35(2)} =99,3067^{+0,087}$
$[Z_{12}{}^{35(3)}] = М^{35(3)} – 12^{35(3)},11^{15(3)} – 12^{35(2)},11^{15(3)} – М^{35(2)}$	$М^{35(3)}{}_{min} = 24,9895$ $М^{35(3)}{}_{max} = 25,0105$ $ТМ^{35(2)} = 0,052$ $12^{35(3)},11^{15(3)} = ±0,0125$ $12^{35(2)},11^{15(3)} = ±0,03$ $Z_{12}{}^{35(3)}{}_{min} = 0,0063$	$Z_{12}{}^{35(3)}{}_{max} = 0,1643$ $М^{35(2)}= 24,8887^{+0,052}$
$[Z_{10}{}^{35(2)}]= К^{35(2)} – К^{35(1)}$	$К^{35(2)}{}_{min} = 99,3067$ $К^{35(2)}{}_{max} = 99,3937$ $ТК^{35(1)}=0,22$ $Z_{10}{}^{35(2)}{}_{min} = 0,0125$	$Z_{10}{}^{35(2)}{}_{max} = 0,2945$ $К^{35(1)} =99,0992^{+0,22}$
$[Z_{12}{}^{35(2)}] = М^{35(2)} – 12^{35(2)},11^{15(3)} – 12^{35(1)},11^{15(3)} – М^{35(1)}$	$М^{35(2)}{}_{min} = 24,8887$ $М^{35(2)}{}_{max} = 24,9407$ $ТМ^{35(1)} = 0,13$ $12^{35(2)},11^{15(3)} = ±0,03$ $12^{35(1)},11^{15(3)} = ±0,08$ $Z_{12}{}^{35(2)}{}_{min} = 0,0125$	$Z_{12}{}^{35(2)}{}_{max} = 0,4208$ $М^{35(1)}= 24,6362^{+0,13}$
$[Z_2{}^{30(2)}]= В^{30(2)} + Б^{30(2)} – Б^{30(1)} – В^{30(1)}$	$В^{30(2)}{}_{min} = 15$ $В^{30(2)}{}_{max} =15,026$ $Б^{30(2)}{}_{min} = 103,5$ $Б^{30(2)}{}_{max} = 103,5575$ $Б^{30(1)}{}_{min} = 103,5$ $Б^{30(1)}{}_{max} = 103,73$ $ТВ^{30(1)} = 0,105$ $Z_2{}^{30(2)}{}_{min} = 0,025$	$Z_2{}^{30(2)}{}_{max} = 0,4135$ $2В^{30(1)}=29,34^{+0,21}$
$[Z_{11}{}^{15(3)}]= Л^{15(3)} – 11^{15(3)},5^{10(2)} – 5^{10(2)},8^{5(2)} – 11^{10(3)},8^{5(2)} – Л^{10(3)}$	$Л^{15(3)}{}_{min} = 47$ $Л^{15(3)}{}_{max} =47,0175$ $11^{15(3)},5^{10(2)} = ±0,02$ $5^{10(2)},8^{5(2)} = ±0,6$ $11^{10(3)},8^{5(2)} = ±0,05$ $ТЛ^{10(3)} =0,0435$ $Z_{11}{}^{15(3)}{}_{min} = 0,0032$	$Z_{11}{}^{15(3)}{}_{max} = 1,4042$ $2Л^{10(3)} =92,5666^{+0,087}$

Продолжение таблицы 2.19

$[Z_1{}^{15(2)}]= A^{5(2)} – 1^{5(2)},8^{5(2)} – 5^{10(2)},8^{5(2)} – 8^{15(2)},5^{10(2)}$ - $1^{15(2)},8^{15(2)} – A^{15(2)}$	$A^{15(2)}{}_{min}$ =129,9595 $A^{15(2)}{}_{max}$ =130 $1^{5(2)},8^{5(2)} = \pm 0,8$ $5^{10(2)},8^{5(2)} = \pm 0,6$ $8^{15(2)},5^{10(2)} = \pm 0,06$ $1^{15(2)},8^{15(2)} = \pm 0,3$ $TA^{5(2)}$ =0,26 $Z_1{}^{15(2)}{}_{min}$ = 0,025	$Z_1{}^{15(2)}{}_{max}$ =3,8455 $2A^{5(2)}$ = $264,09_{-0,52}$
$[Z_8{}^{15(2)}]$ = Ж$^{5(2)}$ – $5^{10(2)},8^{5(2)} – 8^{15(2)},5^{10(2)} –$ Ж$^{15(2)}$	Ж$^{15(2)}{}_{min}$ =73,964 Ж$^{15(2)}{}_{max}$ =74 $5^{10(2)},8^{5(2)} = \pm 0,6$ $8^{15(2)},5^{10(2)} = \pm 0,06$ ТЖ$^{5(2)}$ =0,2 $Z_8{}^{15(2)}{}_{min}$ = 0,025	$Z_8{}^{15(2)}{}_{max}$ = 1,581 2Ж$^{5(2)}$ =149,77 $_{-0,4}$
$[Z_{11}{}^{10(3)}]$= Л$^{10(3)}$ – $11^{10(3)},8^{5(2)} – 8^{5(2)},5^0 – 11^{5(3)},5^0$ – Л$^{5(3)}$	Л$^{10(3)}{}_{min}$ =46,2833 Л$^{10(3)}{}_{max}$ =46,3268 $11^{10(3)},8^{5(2)} = \pm 0,05$ $8^{5(2)},5^0 = \pm 0,6$ $11^{5(3)},5^0 = \pm 0,2$ ТЛ$^{5(3)}$ =0,175 $Z_{11}{}^{10(3)}{}_{min}$ = 0,025	$Z_{11}{}^{10(3)}{}_{max}$ = 1,9435 2Л$^{5(3)}$ =90,4666$^{+0,35}$
$[Z_5{}^{10(2)}]$ = Г^0 – $8^{5(2)},5^0 – 5^{10(2)},8^{5(2)}$ – Г$^{10(2)}$	Г$^{10(2)}{}_{min}$ =74,17 Г$^{10(2)}{}_{max}$ =74,37 $8^{5(2)},5^0 = \pm 0,6$ $5^{10(2)},8^{5(2)} = \pm 0,6$ ТГ^0 =0,5 $Z_5{}^{10(2)}{}_{min}$ = 0,075	$Z_5{}^{10(2)}{}_{max}$ = 3,175
$[Z_{11}{}^{5(3)}]$ = Л$^{5(3)}$ – $11^{5(3)},5^0 – 11^0,5^0$ — Л^0	Л$^{5(3)}{}_{min}$ =45,2333 Л$^{5(3)}{}_{max}$ =45,4083 $11^{5(3)},5^0 = \pm 0,2$ $11^0,5^0 = \pm 0,6$ ТЛ^0 =0,435 $Z_{11}{}^{5(3)}{}_{min}$ = 0,075	$Z_{11}{}^{5(3)}{}_{max}$ = 2,285 
$[Z_1{}^{5(2)}]$= A^0 – $1^0,8^0$ – $8^0,5^0$ - $8^{5(2)},5^0$ – $1^{5(2)},8^{5(2)}$ - $A^{5(2)}$	$A^{5(2)}{}_{min}$ =131,785 $A^{5(2)}{}_{max}$ =132,045 $1^0,8^0 = \pm 0,8$ $8^0,5^0 = \pm 0,6$ $8^{5(2)},5^0 = \pm 0,6$ $1^{5(2)},8^{5(2)} = \pm 0,8$ TA^0 =0,65 $Z_1{}^{5(2)}{}_{min}$ = 0,075	$Z_1{}^{5(2)}{}_{max}$ = 6,585 

Продолжение таблицы 2.19

$[Z_8{}^{5(2)}] = Ж^0 - 8^0,5^0 - 8^{5(2)},5^0 - Ж^{5(2)}$	$Ж^{5(2)}{}_{min} = 74,685$ $Ж^{5(2)}{}_{max} = 74,885$ $8^0,5^0 = \pm 0,6$ $8^{5(2)},5^0 = \pm 0,6$ $ТЖ^0 = 0,5$ $Z_8{}^{5(2)}{}_{min} = 0,075$	$Z_8{}^{5(2)}{}_{max} = 3,175$

Операция 020 Токарная с ЧПУ, II позиция.

Дано: $О^{20(2)}{}_{min} = 69,932$ мм; $О^{20(2)}{}_{max} = 70,068$ мм; $ТО^{15(1)} = 0,474$ мм.

Минимальный припуск на обработку равен шероховатости предшествующего метода обработки:

$$Z_{16}{}^{20(2)}{}_{min} = 0,0063 \text{ мм}$$

Составляем уравнение в соответствии со схемой линейных размеров:

$$Z_{16}{}^{20(2)} = О^{15(1)} - О^{20(2)}$$

Далее определим увеличивающие и уменьшающие звенья:

$$Z_{16}{}^{20(2)}{}_{min} = О^{15(1)}{}_{min} - О^{20(2)}{}_{max}$$

Выразим неизвестную величину $О^{15(1)}{}_{min}$:

$$О^{15(1)}{}_{min} = О^{20(2)}{}_{max} + Z_{16}{}^{20(2)}{}_{min}$$

$$О^{15(1)}{}_{min} = 70,068 + 0,0063 = 70,0743 \text{ мм}$$

$$О^{15(1)}{}_{max} = О^{15(1)}{}_{min} + ТО^{15(1)}$$

$$О^{15(1)}{}_{max} = 70,0743 + 0,474 = 70,5483 \text{ мм}$$

Определим максимальный припуск на обработку:

$$Z_{16}{}^{20(2)}{}_{max} = О^{15(1)}{}_{max} - О^{20(2)}{}_{min}$$

$$Z_{16}{}^{20(2)}{}_{max} = 70,5483 - 69,932 = 0,6163 \text{ мм}$$

Номинальный размер:

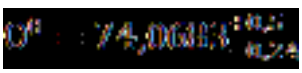
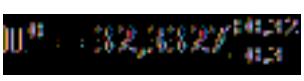
$$О^{15(1)}{}_{ном} = О^{15(1)}{}_{max} - es$$

$$О^{15(1)}{}_{ном} = 70,5483 - 0,237 = 70,3113 \text{ мм}$$

$$О^{15(1)} = 70,3113 \pm 0,237 \text{ мм}$$

Остальные уравнения, составленные по схеме линейных размеров, рассчитываются аналогично. Результаты расчёта сводим в таблицу 2.20.

Таблица 2.20 – Результаты расчёта размерных цепей по схеме линейных размеров

Уравнение	Исходные данные, мм	A Zmax, мм
$[Z_{14}^{20(1)}]= Н^{15(1)} – Н^{20(1)}$	$Н^{20(1)}_{min}= 139,84$ $Н^{20(1)}_{max}= 140$ $ТН^{15(1)} = 0,7$ $Z_{14}^{20(1)}{}_{min}= 0,0063$	$Z_{14}^{20(1)}{}_{max} = 0,8663$ $Н^{15(1)} =140,7063\ ^{-0,7}$
$[Z_{19}^{15(2)}] = П^{15(2)} – П^{15(1)}$	$П^{15(2)}{}_{min}= 31,939$ $П^{15(2)}{}_{max}= 32,061$ $ТП^{15(1)} = 0,462$ $Z_{19}^{15(2)}{}_{min}= 0,0063$	$Z_{19}^{15(2)}{}_{max} = 0,5903$ $П^{15(1)} =31,7017 \pm 0,231$
$[Z_{21}^{15(1)}]= Н^{10(1)} – Н^{15(1)}$ $[Z_{21}^{15(1)}]= О^{10(2)} – О^{15(1)}$ $[Z_{21}^{15(1)}]= П^{5(2)} – П^{15(1)}$	$Н^{15(1)}{}_{min}= 140,0063$ $Н^{15(1)}{}_{max}= 140,7063$ $О^{15(1)}{}_{min}= 70,0743$ $О^{15(1)}{}_{max}= 70,5483$ $П^{15(1)}{}_{min}= 31,4707$ $П^{15(1)}{}_{max}= 31,9327$ $ТН^{10(1)} = 1,22$ $ТО^{10(2)} = 1,34$ $ТП^{5(2)} = 1,22$ $Z_{21}^{15(1)}{}_{min}= 0,05$	$Z_{21}^{15(1)}{}_{max} = 1,97$ $Н^{10(1)} =141,9763\ ^{-1,22}$ $О^{10(2)} =71,2683 \pm 0,67$ $П^{5(2)} = 32,5927 \pm 0,61$
$[Z_{16}^{10(2)}] = О^{5(1)} – О^{10(2)}$	$О^{10(2)}_{min}= 70,5983$ $О^{10(2)}_{max}= 71,9383$ $ТО^{5(1)} = 1,74$ $Z_{16}^{10(2)}{}_{min}= 0,05$	$Z_{16}^{10(2)}{}_{max} = 3,13$ $О^{5(1)} =72,8583 \pm 0,87$
$[Z_{14}^{10(1)}]= Н^{5(1)} – Н^{10(1)}$	$Н^{10(1)}{}_{min}= 140,7563$ $Н^{10(1)}{}_{max}= 141,9763$ $ТН^{5(1)} = 1,6$ $Z_{14}^{10(1)}{}_{min}= 0,05$	$Z_{14}^{10(1)}{}_{max} = 2,87$ $Н^{5(1)} =143,6263\ ^{-1,6}$
$[Z_{19}^{5(2)}]= П^{5(2)} – П^{5(1)}$	$П^{5(2)}{}_{min}= 31,9827$ $П^{5(2)}{}_{max}= 33,2027$ $ТП^{5(1)} = 1,62$ $Z_{19}^{5(2)}{}_{min}= 0,05$	$Z_{19}^{5(2)}{}_{max} = 2,89$ $П^{5(1)} = 31,1227 \pm 0,81$
$[Z_{21}^{5(1)}]= Н^{0} – Н^{5(1)}$ $[Z_{21}^{15(1)}] = О^{0} – О^{5(1)}$ $[Z_{21}^{15(1)}] = П^{0} – П^{5(1)}$	$Н^{5(1)}{}_{min}= 142,0263$ $Н^{5(1)}{}_{max}= 143,6263$ $О^{5(1)}{}_{min}= 71,9883$ $О^{5(1)}{}_{max}= 73,7283$ $П^{5(1)}{}_{min}= 30,3127$ $П^{5(1)}{}_{max}= 31,9327$ $ТН^{0} = 1,0$ $ТО^{0} = 0,74$ $ТП^{0} = 0,62$ $Z_{21}^{5(1)}{}_{min}= 0,1$	$Z_{21}^{5(1)}{}_{max} = 2,7$  

2.3.3 Проверка точности разработанного технологического процесса

Исходя из схемы пространственных отклонений, в соответствии с рисунком 2.15, необходимо выполнить условия:

1. $[3,11] \geq 3^{30(2)}, 11^{15(3)}$

   0,1 = 0,1 обеспечивается

2. $[5,11] \geq 11^{15(3)}, 5^{10(2)}$

   0,05 > 0,04 обеспечивается.

2.4. Расчёт режимов резания, силы резания для деталей группы. Проверка оборудования по мощности

Данный подраздел предлагается выполнить для детали В, как базовой детали группы. Первым этапом подраздела является расчет режимов резания.

В качестве примера расчета режимов резания принимается 05 операция (I позиция), схема обработки которой приведена в соответствии с рисунком 2.16

Расчет режимов резания ведется по методике [4]

Глубина резания определяется как разность между шириной детали до обработки и шириной, полученной в процессе обработки [5]

мм,

где Нпред – ширина детали, полученной на предыдущей операции, мм,

Нпред.=144,1263 мм;

Нобр – ширина детали, полученная в процессе обработки, мм,

Нобр.=143,6263 мм;

$$t = 144,1263-143,6263 = 0,5 \text{ мм.}$$

Определяем подачу [4]:

$$S = S_{ò} \cdot K_S, \text{ мм/об,}$$

где S_T – подача табличная, мм/об,

S_T = 0,88 мм/об;

K_S – поправочный коэффициент,

$K_S = Ks_n \cdot Ks_И \cdot Ks_З \cdot Ks_Ж \cdot Ks_М$,

где Ks_n - поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности,

Ks_n = 0,8;

$Ks_И$ - поправочный коэффициент, учитывающий материал инструмента,

$Ks_И$ = 1,0;

$Ks_З$ - поправочный коэффициент, учитывающий твердость стали обрабатываемой детали,

$Ks_З$ = 0,5;

$Ks_Ж$ - поправочный коэффициент, учитывающий диаметр обрабатываемой поверхности,

$Ks_Ж$ = 1,0;

$Ks_М$ - поправочный коэффициент, учитывающий группу обрабатываемого материала,

$Ks_М$ = 1,07;

$K_S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,07 = 0,428;$

$$S = 0,88 \cdot 0,428 = 0,376 \text{ мм/об.}$$

Принимаем по паспорту станка Sп = 0,4 мм/об.

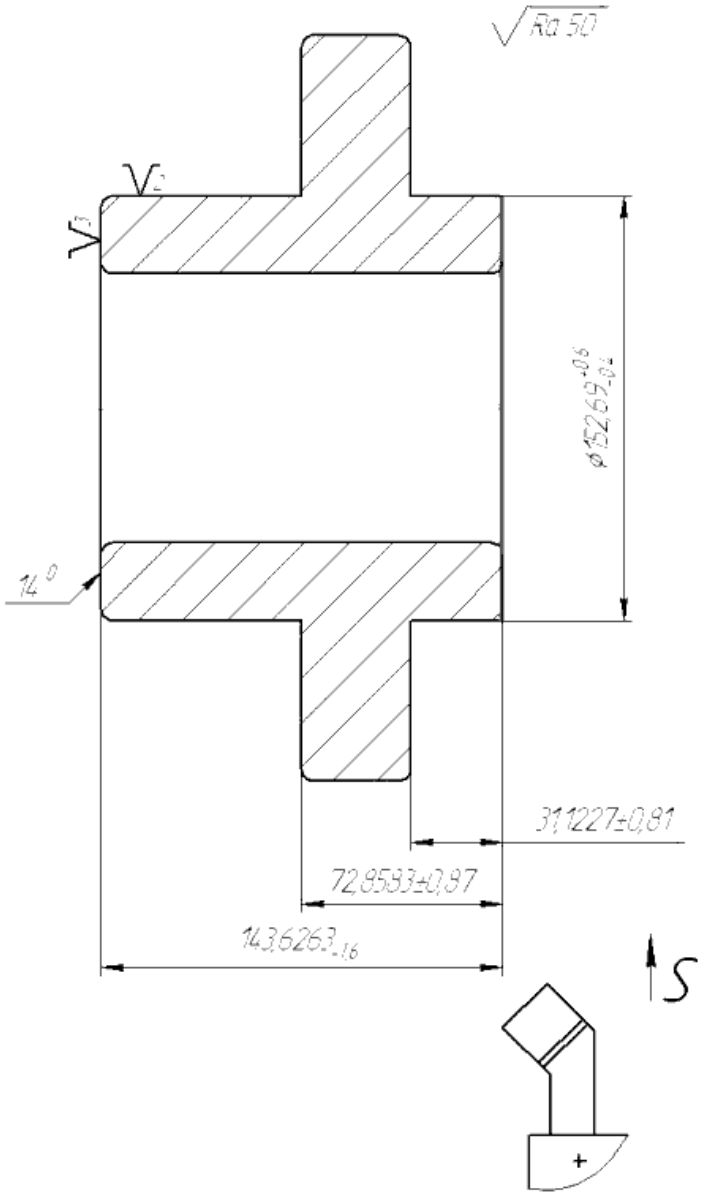


Рисунок 2.16 – Схема обработки для операции 05 (I позиция)

Определяем скорость резания [4]:

$$V = Vт \cdot Kv, \text{ м/мин},$$

где Vт – скорость резания табличная, м/мин,

Vт = 192 м/мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$K_V = Kv_m \cdot Kv_и \cdot Kv_\varphi \cdot Kv_ж \cdot Kv_n \cdot Kv_o$,

где Kv_m - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки,

$Kv_m = 0,7$;

$Kv_и$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента,

$Kv_и = 1,0$;

Kv_φ - коэффициент, учитывающий главный угол в плане,

$Kv_\varphi = 0,81$;

$Kv_ж$ - коэффициент, учитывающий диаметр обрабатываемой поверхности,

$Kv_ж = 1,0$;

Kv_n - коэффициент, учитывающий состояние поверхности,

$Kv_n = 0,85$;

Kv_o - коэффициент, учитывающий условия обработки,

$Kv_o = 1,0$;

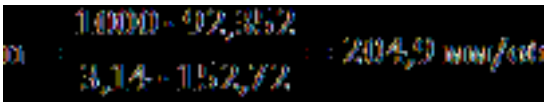
$K_V = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,481$

$$V = 192 \cdot 0,481 = 92,352 \text{ м/мин}.$$

Частота вращения шпинделя выражается из скорости резания:

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

Подставив значения, получаем



Принимаем по паспорту станка n = 200 об/мин.

Принятое значение скорости резания:

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

Режимы резания для остальных переходов рассчитываются аналогично. Результаты расчета приведены в таблице 2.21. При этом учитывается, что операции механической обработки в технологическом процессе будут записаны, начиная со второго перехода, так как в первом переходе устанавливается и закрепляется заготовка.

Таблица 2.21 – Результаты расчета режимов резания для детали В

№ операции	Расчетные значения			Принятые значения		
	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
05, I позиция	0,376	192,6	92,352	0,4	200	95,9
05, II позиция	0,856	137,8	114,24	1,0	160	132,7
05, III позиция	0,2	205,3	58,315	0,2	250	71,0
10, I позиция	0,376	192,6	92,352	0,4	200	95,9
10, II позиция	0,33	171,9	80,325	0,35	200	93,4
10, III позиция	0,47	583,7	169,68	0,5	630	183,1
15, I позиция	0,26	189,1	88,92	0,3	200	94,1
15, II позиция	0,4	138,9	113,4	0,4	160	130,6
15, III позиция	0,33	275,3	81,26	0,35	315	92,9
20, I позиция	0,3	334,2	156,1	0,3	400	186,8
20, II позиция	0,4	175,5	81,56	0,4	200	92,9
20, III позиция	-	-	-	-	-	-
25, I позиция	-	-	-	-	-	-
25, II позиция	-	-	-	-	-	-
30, I позиция	-	-	-	-	-	-
35, 1 переход	0,3	164,1	15,12	0,32	180	16,6
35, 2 переход	0,7	134,8	12,7	0,7	180	16,9
35, 3 переход	-	-	-	-	-	-
35, 4 переход	-	-	-	-	-	-
40, 1 переход	0,02	-	6	-	0,02	6

Режимы резания для остальных деталей принимаем по нормативам [4], результаты которых приведены в таблице 2.22.

Таблица 2.22 – Результаты режимов резания для деталей А, Б, Г

№ операции	Деталь А			Деталь Б			Деталь Г		
	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
05, I позиция	0,25	315	128,6	0,4	80	110,1	0,4	200	141,3
05, II позиция	0,25	250	102,1	0,25	200	116,2	0,4	160	113,1
05, III позиция	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10, I позиция	0,25	200	81,64	0,4	80	110,1	0,25	200	100,5
10, II позиция	0,25	250	146,4	0,25	200	116,2	0,4	125	118,7
10, III позиция	-	-	-	0,4	80	110,1	0,25	200	100,5
15, I позиция	0,25	315	128,6	0,4	80	110,1	0,4	125	118,7
15, II позиция	0,3	250	125,6	0,3	250	145,2	0,25	125	62,8
15, III позиция	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20, I позиция	0,25	200	81,64	0,1	500	78,5	0,4	125	118,7
20, II позиция	0,25	250	147,5	0,25	250	102,1	0,3	250	125,6
20, III позиция	-	-	-	0,25	200	81,64	-	-	-
25, I позиция	0,25	250	146,4	-	-	-	0,4	125	118,7
25, II позиция	0,3	315	184,5	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.22

30, I позиция	-	-	-	0,25	200	81,64	-	-	-
35, 1 переход	0,32	180	16,6	-	-	-	0,32	250	36,1
35, 2 переход	0,7	180	16,9	-	-	-	0,32	250	36,1
35, 3 переход	0,7	180	16,9	-	-	-	0,22	125	23,5
35, 4 переход	-	-	-	-	-	-	0,22	125	23,5
40, 1 переход	0,02	-	6	-	-	-	0,02	-	6

Для проверки оборудования по мощности необходимо рассчитать главную составляющую силы резания - силу P_z. Максимальная сила резания рассчитывается для перехода с наибольшим припуском (в данном случае это позиция II операции 05 с припуском 6,585 мм), так как мощность в этом случае будет иметь максимальное значение.

Главная составляющая силы резания [5]

$$P_z=10\cdot Cp\cdot t^x\cdot S^y\cdot V^n\cdot K_p$$

где Ср – коэффициент, учитывающий условия обработки,

Ср=300;

x, n, y - показатели степени,

x = 1,0;

n = -0,15;

y = 0,75;

t – глубина резания, мм,

t = 6,585 мм;

K_P – поправочный коэффициент.

Режимы резания приведены в таблице 2.21.

Поправочный коэффициент [3]:

$$K_p=K_{mp}\cdot K_{\varphi p}\cdot K_{yp}\cdot K_{rp}$$

где $K_{мр}$ – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки,

$$K_{mp}=\left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени,

n=0,75

$$K_{mp} = \left(\frac{835}{750}\right)^{0,75} = 1,08$$

$K_{фр}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла в плане,
$K_{фр}$ =0,89;
$K_{ур}$ - коэффициент, учитывающий влияние переднего угла,
$K_{ур}$ =1,0;
$K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине резца,
$K_{гр}$ = 0,87.

$$K_p = 1,08 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,836$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 6,585^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 130,6^{-0,15} \cdot 0,836 = 3999,8 \text{ Н}$$

Мощность резания находится по формуле [5]

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

С учетом рассчитанных значений мощность резания для данного перехода равна

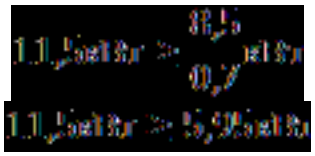
$$N = \frac{3999,8 \cdot 130,6}{1020 \cdot 60} = 8,5, \text{ кВт}$$

Для обеспечения нормальной работы станка мощность его привода должна удовлетворять условию:

$$N_{ст} \geq \frac{N}{\eta}, \text{ кВт}$$

где η – коэффициент полезного действия станка,
η=0,7

Для операции 0,5 назначен станок модели NEF 400. Мощность его привода равна 11,5 кВт.



Условие выполняется. Значит мощность станка достаточная для обеспечения его нормальной работы.

2.4.1 Нормирование технологического процесса для деталей группы

Нормирование технологического процесса предлагается провести для детали В, как базовой детали группы. Первым этапом нормирования является определение основного (технологического) времени на операциях.

Основное время одного перехода [5]:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ мин}$$

где L – величина пути движения инструмента, мм;

i – число проходов.

Величина пути движения инструмента [5]:

$$L = L_1 + L_2 + L_3, \text{ мм},$$

где L_1 – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;

L_2 – длина врезания, мм;

L_3 – длина перебега,

L_3=2...3 мм.

Длина врезания [5]:

$$L_2 = \frac{t}{tg\varphi}, \text{ мм},$$

где φ – главный угол в плане, °.

Приведём пример расчёта основного времени для I позиции операции 05.

Исходные данные для расчёта:

– длина обрабатываемой поверхности L_1 =32,1, мм;

– режущий инструмент - резец проходной отогнутый с углом φ = 45°;

– число проходов i = 1 ;

– глубина резания t = 0,5 мм;

Режимы, рассчитанные в подразделе 1.4: n = 200 об/мин, S = 0,4 мм/об.

Тогда с учётом принятых данных:

$$L_2 = \frac{0,5}{tg45} = 0,5, \text{ мм},$$

$$L = 32,1+0,5+2 = 34,6 \text{ мм}$$

Принимаем L =34,6 мм.

Тогда основное время перехода

$$t_o = \frac{34,6 \cdot 1}{200 \cdot 0,4} = 0,43 \text{ мин}.$$

Основное время для остальных переходов рассчитывается аналогично. Результаты расчётов представлены в таблице 2.23. При этом технологическое время на операцию [5]:

$$T_o = \sum_{i=1}^{m} t_o \text{, мин,}$$

где m – количество переходов на операции.

Вспомогательное время, связанное с переходом, определяется табличным методом по рекомендациям [5].

Результаты расчёта вспомогательного времени отражены в таблице 2.24. При этом время, затрачиваемое на перемещение частей станка, для всех переходов равно нулю.

Таблица 2.23 – Результаты расчета основного технологического времени детали В

№ операции	L, мм	i	n, об/мин	S,мм/об	t_o, мин	T_o, мин
05, I позиция	34,6	1	200	0,4	0,43	3,06
05, II позиция	129,6	1	160	1,0	0,81	
05, III позиция	145,9	1	250	0,2	1,82	
10, I позиция	34,8	1	200	0,4	0,44	2,75
10, II позиция	98,7	1	200	0,35	1,41	
10, III позиция	143,5	2	630	0,5	0,9	
15, I позиция	32,7	2	200	0,3	1,09	6,49
15, II позиция	131,4	2	160	0,4	4,1	
15, III позиция	142,8	1	315	0,35	1,3	
20, I позиция	32,1	2	400	0,3	0,5	2,9
20, II позиция	97,4	2	200	0,4	2,4	
20, III позиция	-	-	-			
25, I позиция	-	-	-			
25, II позиция	-	-	-			
30, I позиция	-	-	-			
35, 1 переход	41,2	1	180	0,32	0,7	1,0
35, 2 переход	41,2	1	180	0,7	0,3	
35, 3 переход	-	-	-			
35, 4 переход	-	-	-			
40, 1 переход	390	1	-	0,02	3,7	11,1

Для деталей А, Б, Г результаты расчета основного технологического и вспомогательного времени представлены в таблицах 2.25 – 2.27.

Таблица 2.24 – Расчет вспомогательного времени детали В

№ операции	Вспомогательное время, мин							
	Установка и снятие детали	Связанное с переходом	Смена инструмента	Изменение		Контрольные измерения	Всего	
				подачи	частоты вращения		На переход, $t_в$	На операцию, $T_в$
05, I позиция	0,17	0,16	0,4	0,06	0,05	0,14	0,98	2,4
05, II позиция	0,17	0,34	0,4	0,06	0,05	0,19	0,51	
05, III позиция	-	0,25	0,4	0,06	0,05	0,15	0,91	
10, I позиция	0,17	0,21	0,4	0,06	0,05	0,26	1,15	2,32
10, II позиция	-	0,28	0,4	0,06	0,05	0,38	1,17	
10, III позиция	-	-	-	-	-	-		
15, I позиция	0,17	0,32	0,4	0,06	0,05	0,16	1,16	5,32
15, II позиция	0,17	0,79	0,4	0,06	0,05	1,71	3,18	
15, III позиция	-	0,28	0,4	0,06	0,05	0,19	0,98	
20, I позиция	0,17	1,35	0,4	0,06	0,05	1,01	3,19	5,72
20, II позиция	-	0,32	0,4	0,06	0,05	1,7	2,53	
20, III позиция	-	-	-	-	-	-	-	
25, I позиция	-	-	-	-	-	-	-	-
25, II позиция	-	-	-	-	-	-	-	
30, I позиция	-	-	-	-	-	-	-	-
35, 1 переход	0,16	0,23	0,12	0,08	0,08	0,16	0,83	1,5
35, 2 переход	-	0,23	0,12	0,08	0,08	0,16	0,67	
35, 3 переход	-	-	-	-	-	-	-	
35, 4 переход	-	-	-	-	-	-	-	
40, 1 переход	6,4	2,8	0,24	0,08	0,08	4,1	13,7	34,7

Таблица 2.25 – Результаты расчета основного технологического и вспомогательного времени детали А

№ операции	L, мм	i	n, об/мин	S, мм/об	$t_о$, мин	$t_в$, мин	$T_о$	$T_в$
05, I позиция	174,7	1	315	0,25	2,2	1,2	5,0	3,1
05, II позиция	174,3	1	250	0,25	2,8	1,9		
05, III позиция	-	-	-	-	-	-		
10, I позиция	28,6	1	200	0,25	0,6	1,45	3,6	2,85
10, II позиция	189,4	1	250	0,25	3,0	1,4		
10, III позиция	-	-	-	-	-	-		
15, I позиция	174,7	2	315	0,25	4,43	0,78	9,13	2,79
15, II позиция	174,3	2	250	0,3	4,7	2,01		
15, III позиция	-	-	-	-	-	-		
20, I позиция	28,6	2	200	0,25	1,14	1,46	7,24	2,81
20, II позиция	191,2	2	250	0,25	6,1	1,35		
20, III позиция	-	-	-	-	-	-		
25, I позиция	175,9	1	250	0,25	2,8	1,01	4,7	2,31
25, II позиция	175,6	1	315	0,3	1,9	1,3		
30, I позиция	-	-	-	-	-	-	-	-
35, 1 переход	68,9	2	180	0,32	2,4	13,7	2,93	34,5
35, 2 переход	68,9	1	180	0,7	0,5	13,7		
35, 3 переход	3,5	1	180	0,7	0,03	7,3		
35, 4 переход	-	-	-	-	-	-		
40, 1 переход	470	1	-	0,02	4,5	11,3	13,5	33,9

Таблица 2.26 – Результаты расчета основного технологического и вспомогательного времени детали Б

№ операции	L, мм	i	n, об/мин	S, мм/об	$t_о$, мин	$t_в$, мин	$T_о$	$T_в$
05, I позиция	119,3	1	80	0,4	3,7	1,2	5,5	3,11
05, II позиция	89,6	1	200	0,25	1,8	1,91		
05, III позиция	-	-	-	-	-	-		
10, I позиция	34,3	1	80	0,4	1,1	1,45	7,6	3,63
10, II позиция	149,7	1	200	0,25	2,9	1,4		
10, III позиция	123,4	1	80	0,4	3,6	0,78		
15, I позиция	120,1	2	80	0,4	7,5	2,01	10,0	3,47
15, II позиция	92,4	2	250	0,3	2,5	1,46		
15, III позиция	-	-	-	-	-	-		
20, I позиция	34,3	2	500	0,1	1,4	1,35	11,1	3,73
20, II позиция	149,7	2	250	0,25	4,8	1,01		
20, III позиция	124,6	2	200	0,25	4,9	1,37		
25, I позиция	-	-	-	-	-	-	-	-
25, II позиция	-	-	-	-	-	-		
30, I позиция	151,3	1	200	0,25	3,0	0,98	3,0	0,98
35, 1 переход	-	-	-	-	-	-	-	-
35, 2 переход	-	-	-	-	-	-		
35, 3 переход	-	-	-	-	-	-		
35, 4 переход	-	-	-	-	-	-		
40, 1 переход	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.27 – Результаты расчета основного технологического и вспомогательного времени детали Г

№ операции	L, мм	i	n, об/мин	S, мм/об	$t_о$, мин	$t_в$, мин	$T_о$	$T_в$
05, I позиция	161,2	1	200	0,4	2,0	2,45	4,4	2,99
05, II позиция	152,7	1	160	0,4	2,4	0,54		
05, III позиция	-	-	-	-	-	-		
10, I позиция	25,8	1	200	0,25	0,5	2,65	7,0	8,47
10, II позиция	168,2	1	125	0,4	3,4	3,18		
10, III позиция	152,7	2	200	0,25	3,1	2,64		
15, I позиция	162,2	2	125	0,4	6,5	1,0	16,4	1,42
15, II позиция	155,2	1	125	0,25	9,9	0,42		
15, III позиция	-	-	-	-	-	-		
20, I позиция	25,8	2	125	0,4	1,0	1,65	5,7	2,66
20, II позиция	175,7	2	250	0,3	4,7	1,01		
20, III позиция	-	-	-	-	-	-		
25, I позиция	163,7	1	125	0,4	3,3	1,41	3,3	1,41
25, II позиция	-	-	-	-	-	-		
30, I позиция	-	-	-	-	-	-	-	-
35, 1 переход	62,8	1	250	0,32	0,8	1,01	2,4	4,04
35, 2 переход	62,8	1	250	0,32	0,8	1,01		
35, 3 переход	10,0	1	125	0,22	0,4	1,01		
35, 4 переход	10,0	1	125	0,22	0,4	1,01		
40, 1 переход	420	1	-	0,02	4,0	14,2	12,0	42,6

На вспомогательное время вводится поправочный коэффициент, в зависимости от суммарной продолжительности обработки партии деталей по трудоёмкости [5]. При трудоёмкости обработки партии деталей за пять смен этот коэффициент равен $К_{тв} = 0,76$ [5].

Значения вспомогательного времени детали В с учётом поправочного коэффициента приведены в таблице 2.28. На остальные детали представлены в таблице 2.29.

Норма штучного времени определяется по формуле [5]

$$Т_{шт} = \left(Т_о + К_{тв} \cdot Т_в\right) \cdot \left(1 + \frac{Т_{ОБС} + Т_{ОТД}}{100}\right), \text{ мин},$$

где $Т_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, % оперативного времени;

$Т_{отд}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, % оперативного времени.

Таблица 2.28 – Расчет вспомогательного времени детали В с учетом поправочного коэффициента

№ операции	$К_{тв}$	$Т_в$, мин	$К_{тв} \cdot Т_в$, мин
05	0,76	2,4	1,82
10		2,32	1,76
15		5,32	4,04
20		5,72	4,35
25		-	-
30		-	-
35		1,5	1,14
40		34,7	26,37

Таблица 2.29 – Расчет вспомогательного времени детали А, Б, Г с учетом поправочного коэффициента

№ операции	Деталь А			Деталь Б			Деталь Г		
	$К_{тв}$	$Т_в$, мин	$К_{тв} \cdot Т_в$, мин	$К_{тв}$	$Т_в$, мин	$К_{тв} \cdot Т_в$, мин	$К_{тв}$	$Т_в$, мин	$К_{тв} \cdot Т_в$, мин
05	0,76	3,1	2,36	0,76	3,11	2,36	0,76	2,99	2,27
10		2,85	2,17		3,63	2,76		8,47	6,44
15		2,79	2,12		3,47	2,64		1,42	1,08
20		2,81	2,14		3,73	2,83		2,66	2,02
25		2,31	1,76		-	-		1,41	1,07
30		-	-		0,98	0,74		-	-
35		34,5	26,22		-	-		4,04	3,07
40		33,9	25,76		-	-		42,6	32,38

Время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых определяются табличным методом. Для станков с наибольшим диаметром изделия, устанавливаемого над станиной, 500 мм время обслуживания составляет $Т_{обс}$ = 4%. Время перерывов на отдых и личные надобности при работе на станке с механической подачей составляет $Т_{отд}$ = 4% [5].

Определение нормы штучного времени детали В отражено в таблице 2.30.

Подготовительно-заключительное время определяется табличным методом и зависит от способа установки детали, количества режущих инструментов, участвующих в операции, наибольшего диаметра изделия, устанавливаемого над станиной [5]. Определение подготовительно-заключительного времени $Т_{пз}$ приведено в таблице 2.31.

Таблица 2.30 – Определение нормы штучного времени детали В

№ операции	$T_о$, мин	$К_{тв} \cdot T_в$, мин	$T_{ОБС}$, %	$T_{ОТД}$, %	$1+\frac{T_{ОБС}+T_{ОТД}}{100}$	$T_{шт}$, мин
05	3,06	1,82	4	4	1,08	5,27
10	2,75	1,76				4,87
15	6,49	4,04				11,37
20	2,9	4,35				7,83
25	-	-				-
30	-	-				-
35	1,0	1,14				2,31
40	11,1	26,37				40,47

Таблица 2.31 – Определение подготовительно-заключительного времени

№ операции	Способ установки детали	Наибольший диаметр устанавливаемого над станиной изделия, мм	Количество режущих инструментов, шт.	$T_{пз}$, мин
1	2	3	4	5
Деталь А				
05	В приспособлении для групповой обработки деталей	385	2	25
10			2	25
15			2	25
20			3	25
25			2	25
30			-	-
35		630	24	16
40		600	1	14
Деталь Б				
05	В приспособлении для групповой обработки деталей	385	2	25
10			2	25
15			2	25
20			2	25
25			-	-
30			1	25
35		630	-	-

Окончание таблицы 2.31

№ операции	Способ установки детали	Наибольший диаметр устанавливаемого над станиной изделия, мм	Количество режущих инструментов, шт.	$T_{пз}$, мин
1	2	3	4	5
40	В приспособлении для групповой обработки деталей	600	-	-
Деталь В				
05	В приспособлении для групповой обработки деталей	385	3	25
10			3	25
15			3	25
20			2	25
25			-	-
30			-	-
35		630	2	16
40		600	1	14
Деталь Г				
05	В приспособлении для групповой обработки деталей	385	2	25
10			3	25
15			2	25
20			2	25
25			1	25
30			-	-
35		630	16	16
40		600	1	14

Норма штучно-калькуляционного времени на операцию определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \left(\frac{T_{пз}}{n_д} \right), \text{ мин},$$

где $n_д$ – минимальное число деталей в партии, определяется по формуле

$$n_д = \frac{T_{пзв}}{T_{шт} \cdot \alpha}, \text{ шт},$$

где $T_{пзв}$ – подготовительно-заключительное время на ведущей 35 операции, $T_{пзв}$=14 мин;

α – коэффициент допустимых потерь на переналадку,

α=0,08.

Подставив значения, получим

$$n_{ä} = \frac{14}{40,47 \cdot 0,08} = 4,3 \text{ шт.}$$

Принимаем $n_д$=4 шт, что близко к расчетному значению и кратно годовому выпуску. Подставив значения в формулу, находим штучно-калькуляционное время для операции 05 базовой детали группы

$$T_{шт\text{-}к} = 5,27 + \left(\frac{25}{4}\right) = 11,52 \text{ мин.}$$

Остальные рассчитанные значения сводятся в таблицу 2.32

Таблица 2.32 – Норма штучно-калькуляционного времени для детали В

№ операции	$T_{шт\text{-}к}$, мин
05	11,52
10	11,12
15	17,62
20	14,08
25	-
30	-
35	8,56
40	46,72

На детали А, Б, Г рассчитанные значения нормы штучного и штучно-калькуляционного времени приведены в таблице 2.33.

Таблица 2.33 – Значения норм штучного и штучно-калькуляционного времени

№ операции	$T_о$, мин	$K_{тв} \cdot T_в$, мин	$T_{ОБС}$, %	$T_{ОТД}$, %	$1+\frac{T_{ОБС}+T_{ОТД}}{100}$	$T_{шт}$, мин	$T_{шт-к}$, мин
Деталь А							
05	5,0	2,36	4	4	1,08	7,95	14,2
10	3,6	2,17				5,94	37,13
15	9,13	2,12				12,15	18,4
20	7,24	2,14				10,13	16,38
25	4,7	1,76				6,6	12,85
30	-	-				-	-
35	2,93	26,22	4	4	1,08	31,25	37,5
40	13,5	25,76				41,32	47,57
Деталь Б							
05	5,5	2,36	4	4	1,08	8,49	14,74
10	7,6	2,76				11,19	17,44
15	10,0	2,64				12,85	19,1
20	11,1	2,83				14,16	20,41
25	-	-				-	-
30	3,0	0,74				3,79	10,04
35	-	-				-	-
40	-	-				-	-
Деталь Г							
05	4,4	2,27	4	4	1,08	6,85	13,1
10	7,0	6,44				13,96	26,21
15	16,4	1,08				17,56	23,81
20	5,7	2,02				7,88	11,13
25	3,3	1,07				4,45	10,7
30	-	-				-	-
35	2,4	3,07				5,9	12,15
40	12,0	32,38				47,93	54,18

На основании подразделов 1.2 – 1.5 оформляется групповой технологический процесс обработки деталей типа «Муфта».

Выводы по разделу два

В технологическом разделе выполнен анализ технологичности деталей и существующих технологических процессов. Разработан групповой технологический процесс, размерный анализ для базовой детали группы. Рассчитали режимы резания и выполнили нормирование технологического процесса.

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Проектирование сверлильного приспособления

3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Для обеспечения требований к взаимному расположению базовых и обрабатываемых поверхностей необходимо лишить деталь 6 степеней свободы. Используем установочную базу (три опорные точки), центрирующую базу по внутренней поверхности ∅90Н7 (две опорные точки) в соответствии с рисунком 3.1.

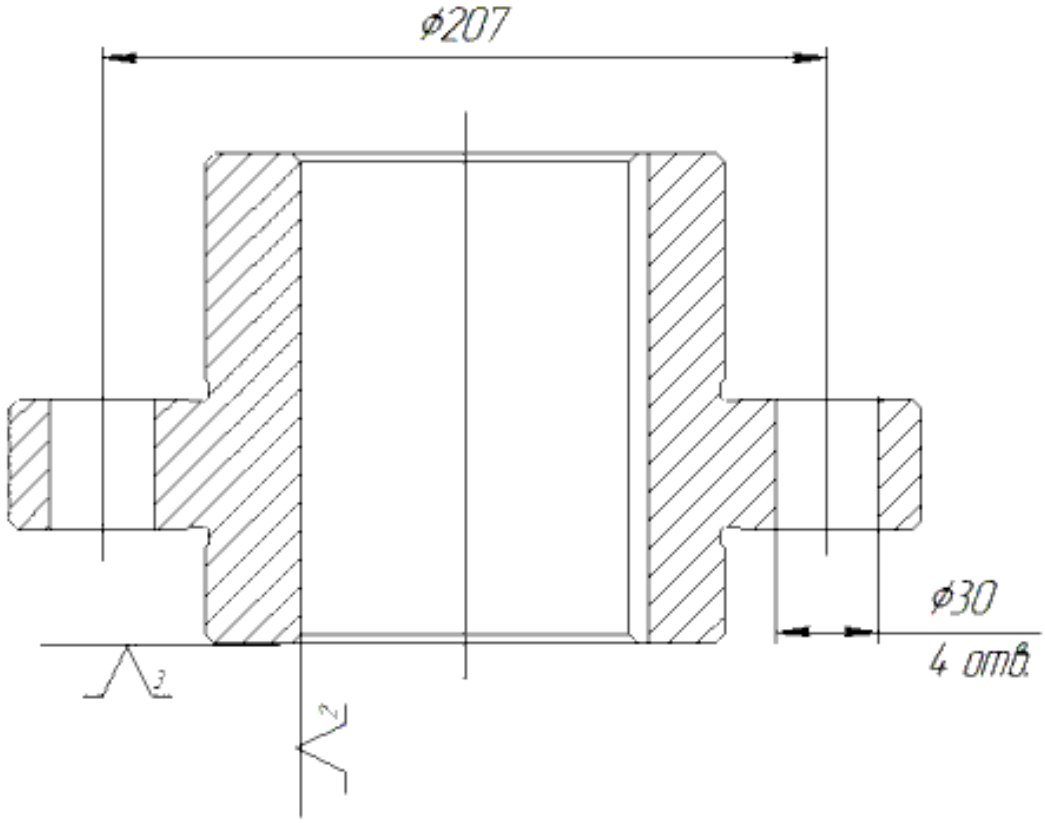


Рисунок 3.1 – Теоретическая схема базирования

3.1.2 Проектирование схемы приспособления

Схему зажимного приспособления (рисунок 3.2) определяют конструктивные параметры детали и вид обработки.

Деталь 1 устанавливается на поверхность делительного диска 3. Делительный диск 3 вращается в корпусе 4 приспособления. К нижнему концу делительного диска 3 крепится пневмокамера 6, шток 5, который, через шайбу 2 прижимает де-

таль к опорной поверхности делительного диска. При подаче воздуха в штоковую полость пневмокамеры 6 шток 5 начинает двигаться вниз и поджимает деталь сверху. Разжим детали происходит когда воздух выпускается из пневмокамеры и шток 3 движется вверх.

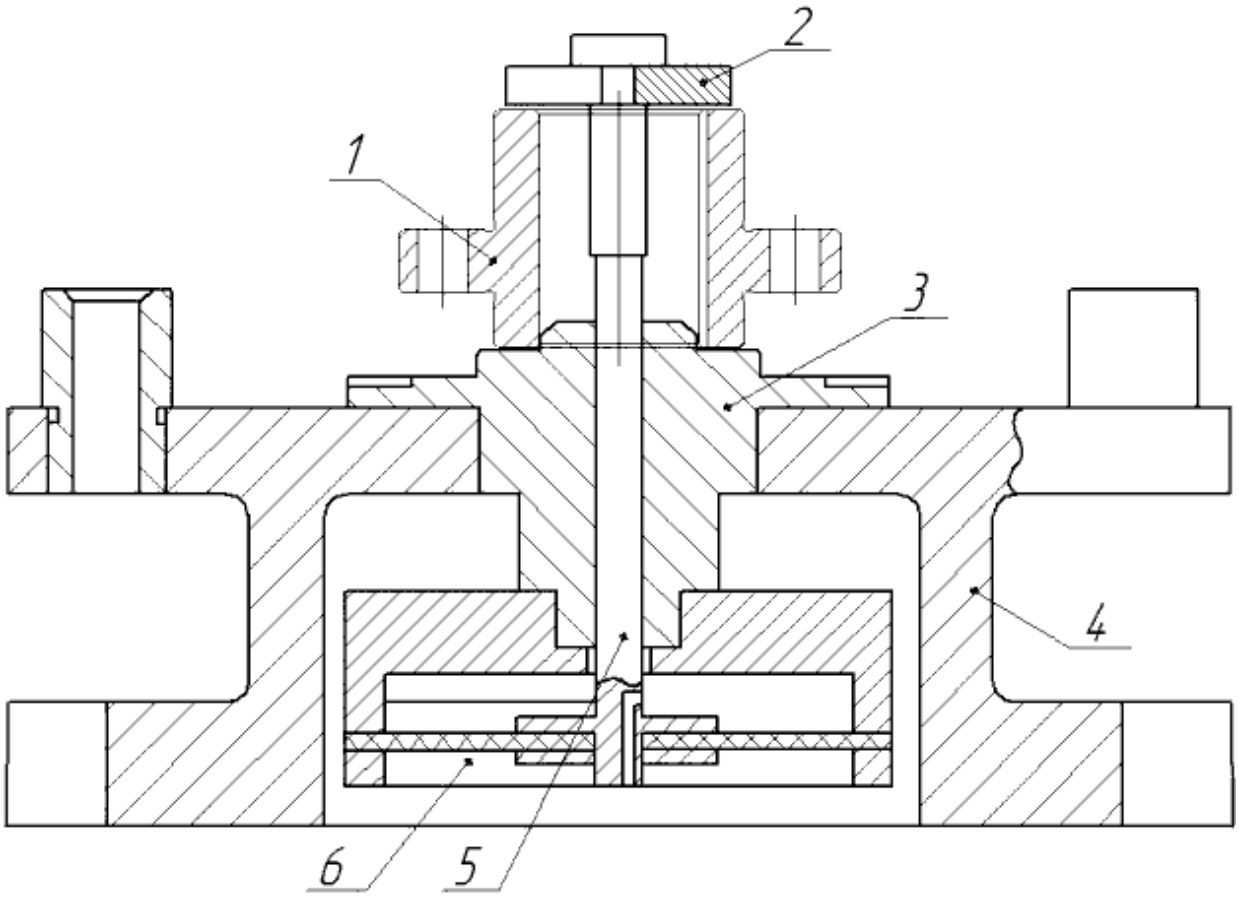


Рисунок 3.2 – Схема приспособления

где, 1 – деталь
2 – шайба
3 – делительный диск
4 – корпус
5 – шток
6 – пневмокамера

3.1.3 Расчёт усилия зажима в приспособлении

Операция сверление 4 отверстия ∅30мм. Материал заготовки сталь 40Х.

К – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку

Необходимое усилие зажима детали находим [6] по формуле

$$W = \frac{KMn}{\frac{1}{3} f \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)};$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где, К – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку

n – число одновременно работающих сверл, n = 4;

f – коэффициент трения, f = 0,25;

D – наружный диаметр детали, D = 260 мм;

d – диаметр отверстия в детали, d = 207 мм;

K_0 – гарантированный коэффициент запаса,

$K_0 = 1.5$

K_1 – учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на поверхности заготовки,

$K_1 = 1$

K_2 – учитывает увеличение сил резания при затуплении инструмента,

$K_2 = 1,15$

K_3 – учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании,

$K_3 = 1$

K_4 – учитывает постоянство сил резания,

$K_4 = 1$

K_5 – характеризует эргономику приспособления,

$K_5 = 1$

K_6 – учитывают при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку установленную плоской поверхностью,

$K_6 = 1$

Используя, принятые значения получаем

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,72,$$

если расчетное значение К < 2,5, то принимают К = 2,5.

$$W = \frac{2{,}5 \cdot 13 \cdot 4}{\frac{1}{3} 0{,}25 \left(\frac{260^3 - 207^3}{260^2 - 207^2} \right)} = 524\,\text{Н}.$$

Передаваемая штоком сила при подаче сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра находится по формуле [6]

$$Q = \frac{\pi \cdot (D_{ц} - d_{шт})^2}{4} \cdot p \cdot \eta,$$

где $D_{ц}$ – диаметр пневмоцилиндра, $D_{ц}$ = 200 мм;

$d_{шт}$ – диаметр штока, $d_{шт}$=25 мм;

p – давление воздуха в сети, p=0,4 МПа;

η – КПД, η=0,87.

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot (200_{ц} - 25_{шт})^2}{4} \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}87 = 8366\,\text{Н}$$

Из расчета видно, что усилие, создаваемое пневмоцилиндром больше необходимого усилия зажима детали [6].

$$Q > W$$

$$8366\,\text{Н} > 524\,\text{Н}$$

Условие выполняется.

3.1.4 Компоновка сверлильного приспособления

Приспособление сверлильное (рисунок 3.3) предназначено для закрепления и базирования детали «Муфта» на столе агрегатно-сверлильного станка.

Деталь устанавливается на плоскую поверхность делительного диска 12 и центрируется своей внутренней поверхностью ∅94Н9 по базе 13. Делительный диск вращается во втулке 15, закрепленной в корпусе 1 приспособления. К нижнему концу делительного диска крепится пневмокамера, шток 3, которой, через шайбу 22 прижимает деталь к опорной поверхности делительного диска. Также в корпусе расположен механизм разжима и фиксации делительного диска при повороте детали на требуемый угол. При подаче воздуха в штоковую полость пневмокамеры шток начинает двигаться вниз и поджимает деталь сверху. Разжим детали происходит когда воздух выпускается из пневмокамеры и шток под действием пружины 20 движется вверх.

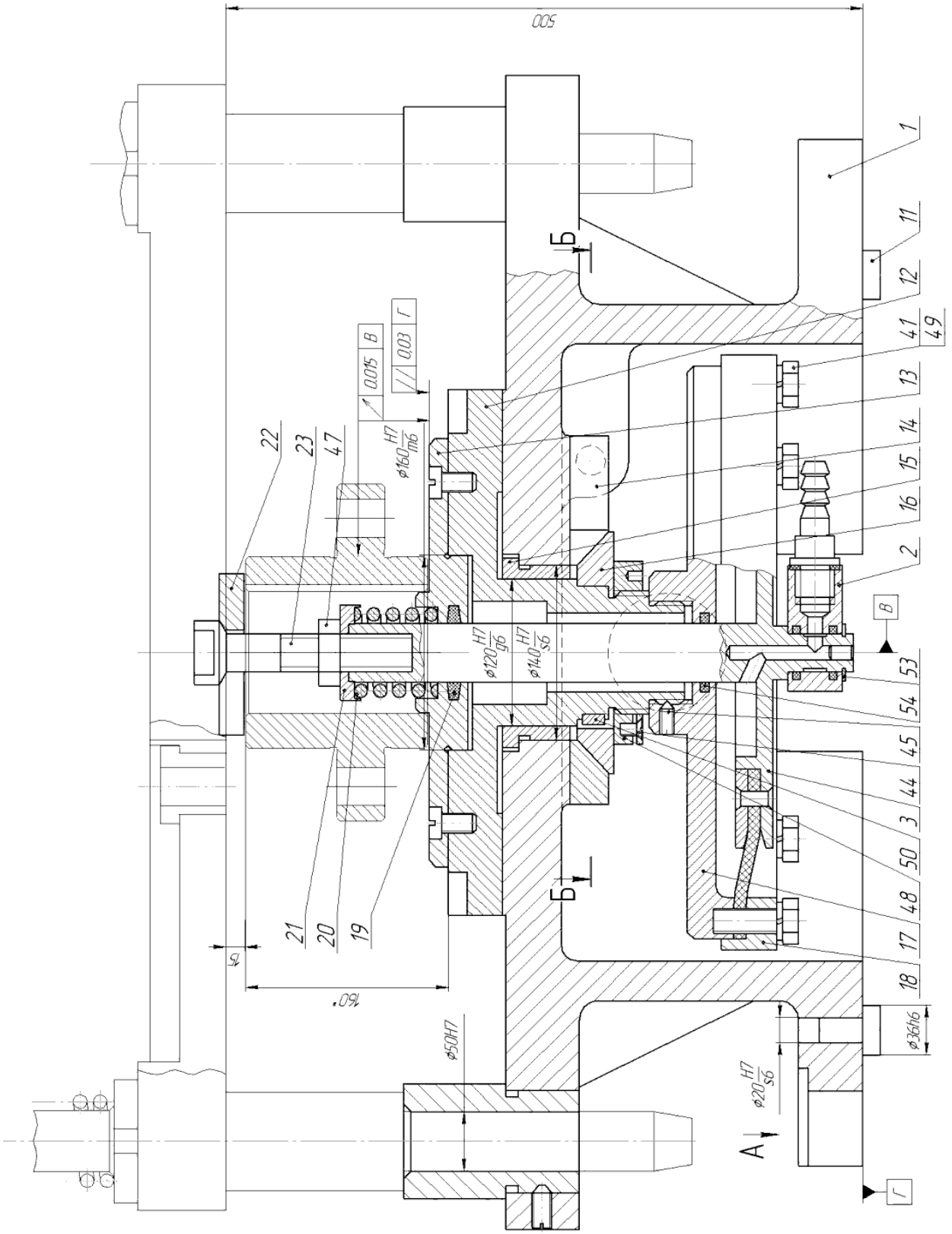


Рисунок 3.3 – Приспособление сверлильное

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.168.00.00 ПЗ	Лист

3.1.5 Расчет приспособления на точность

Так как приспособление для обработки заготовок является звеном системы СПИД, от точности его изготовления и установки на станке износостойкости установочных элементов зависит точность получаемых размеров детали. При обработке партии заготовок, имеющих погрешности формы, каждая из них и ее измерительная база при установке в приспособлении занимает различное положение. На практике в технических расчетах приспособлений на точность ограничиваются упрощенными плоскими схемами расчета со справочными данными.

Погрешность изготовления приспособления по параметрам установочной и направляющей базы приспособления [3]

$$\varepsilon_{\text{пп}} \le \delta - \kappa_{\text{т}} \cdot \sqrt{(\kappa_{\text{т1}} \cdot \varepsilon_{\text{б}})^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{у}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (\kappa_{\text{т2}} \cdot \varpi)^2},$$

где δ – допуск выполняемого размера заготовки, $\delta = 0.12$ мм;

$\kappa_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения, $\kappa_{\text{т}}$=1;

$\kappa_{\text{т1}}$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках, $\kappa_{\text{т1}}$=0,8;

$\kappa_{\text{т2}}$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независящими от приспособления, $\kappa_{\text{т2}}$=0,6;

ω – экономическая точность обработки: ω=0,075.

Погрешности, зависящие от приспособления ($\varepsilon_{\text{б}}, \varepsilon_{\text{з}}, \varepsilon_{\text{и}}, \varepsilon_{\text{п}}$), рассчитываем по принятой схеме базирования. Погрешность закрепления принимаем при закреплении пневматическим зажимом с предварительно обработанной поверхностью детали на плоскую поверхность $\varepsilon_{\text{з}} = 0{,}06$ мм.

Погрешность от износа элементов приспособления принимается $\varepsilon_{\text{и}} = 0{,}01$ мм.

Погрешность установки приспособления на станке $\varepsilon_{\text{у}} = 0$, так как осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка.

Погрешность базирования $\varepsilon_{\text{б}} = 0$,так как в данном случае нет отклонения достигнутого положения заготовки от требуемого, чтобы

$$\varepsilon_{\text{пп}} \le \delta - \kappa_{\text{т}} \cdot \sqrt{(\kappa_{\text{т1}} \cdot \varepsilon_{\text{б}})^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{у}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (\kappa_{\text{т2}} \cdot \varpi)^2}.$$

Подставляем значения, получаем:

$$\varepsilon\text{пп} = 0{,}3 - 1 \cdot \sqrt{(0{,}8 \cdot 0)^2 + 0{,}06^2 + 0^2 + 0{,}01 + (0{,}6 \cdot 0{,}075)^2} = 0{,}044 \text{ мм}$$

Выполним расчет точности изготовления приспособления из условия обеспечения допуска межцентрового расстояния осей получаемых отверстий заготовки номинальным. При сверлении отверстий по кондуктору половину допуска расстояния между осями кондукторных втулок (расчетный параметр) можно определить при условии, что середины полей допусков межцентровых расстояний в деталях и кондукторной плите совпадают, по формуле

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \delta - (\Sigma s + \Sigma e + \Sigma \text{п}),$$

где δ – односторонний допуск расстояния между осями отверстий в заготовке,

Σs – сумма максимальных радиальных зазоров;

Σe – сумма эксцентриситетов втулок;

$\Sigma \text{п}$ – сумма погрешностей от перекоса инструментов, которые рассчитываются по формулам.

Сумма максимальных радиальных зазоров определяется из выражения

$$\Sigma s = s_1 + s_2,$$

где s1 и s2 максимальные радиальные зазоры между втулками и инструментом.

Посадка при сверлении по кондукторной втулке F8/h6. Находим по таблице поля допусков вала и отверстия посадки.

Для вала по h6:

– нижнее отклонение равно – 0.01 мм;

– верхнее отклонение равно 0 мм.

Для отверстия по F8:

– нижнее отклонение равно +0.020 мм,

– верхнее отклонение равно +0.053 мм.

Определяем максимальный зазор, верхнее отклонение размера отверстия минус нижнее отклонение размера вала:

$$S_{max} = ES - ei,$$

$$S_{max} = 0{,}053 - (-0{,}01) = 0{,}063 \text{мм};$$

$$\Sigma s = 0{,}063 + 0{,}063 = 0{,}126 \text{ мм}.$$

Сумма эксцентриситетов

$$\Sigma e = e_1 + e_2,$$

где e1 и e2 – допуски соосности кондукторных втулок, $e_1=e_2=0{,}005$ мм.

$$\Sigma e = 0{,}005 + 0{,}005 = 0{,}01 \text{мм}$$

Σп – сумма погрешностей от перекоса инструментов, рассчитываются по формуле

$$\varepsilon_{\text{П}} = \frac{2 \cdot s_1^{\rangle} \cdot m}{l} \text{ мм},$$

где $s_1^{\rangle}$ – односторонний максимальный радиальный зазор между втулкой и инструментом;

l – длина направляющего элемента (втулки), l=18 мм ;

m – зазор между нижним торцом кондукторной втулки и поверхностью заготовки, через который выбрасывается стружка, для вязких материалов принимается m=d, m=14 мм.

$$\varepsilon_{\text{П}} = 2 \cdot 0{,}063 \cdot 22/18 = 0{,}154 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0{,}3 - (0{,}126 + 0{,}01 + 0{,}154) = 0{,}01 \text{мм}$$

Точность обеспечивается, т.к. точность данного приспособления обеспечивает заданную точность детали, так как для обеспечения размера с заданным позиционным допуском межосевого расстояния отверстий детали равным 0,5мм получили значение допуска межосевого расстояния кондукторных втулок приспособления равное 0,01мм.

Полученное значение $\varepsilon_{пр}$ является половиной допуска расстояния между осями кондукторных втулок.

3.2 Проектирование приспособления для контроля радиального биения

3.2.1 Разработка схемы измерения

Схема контроля приведена в соответствии с рисунком 3.4.

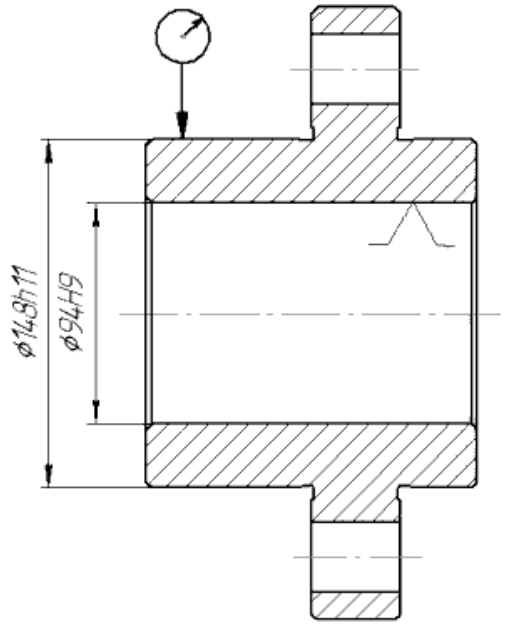


Рисунок 3.4 – Схема контроля

При контроле базирование осуществляется по ∅ 94H9, показания снимаются с поверхности ∅148h11.

3.2.2 Разработка схемы контрольного приспособления

Схема приспособления в соответствии с рисунком 2.5

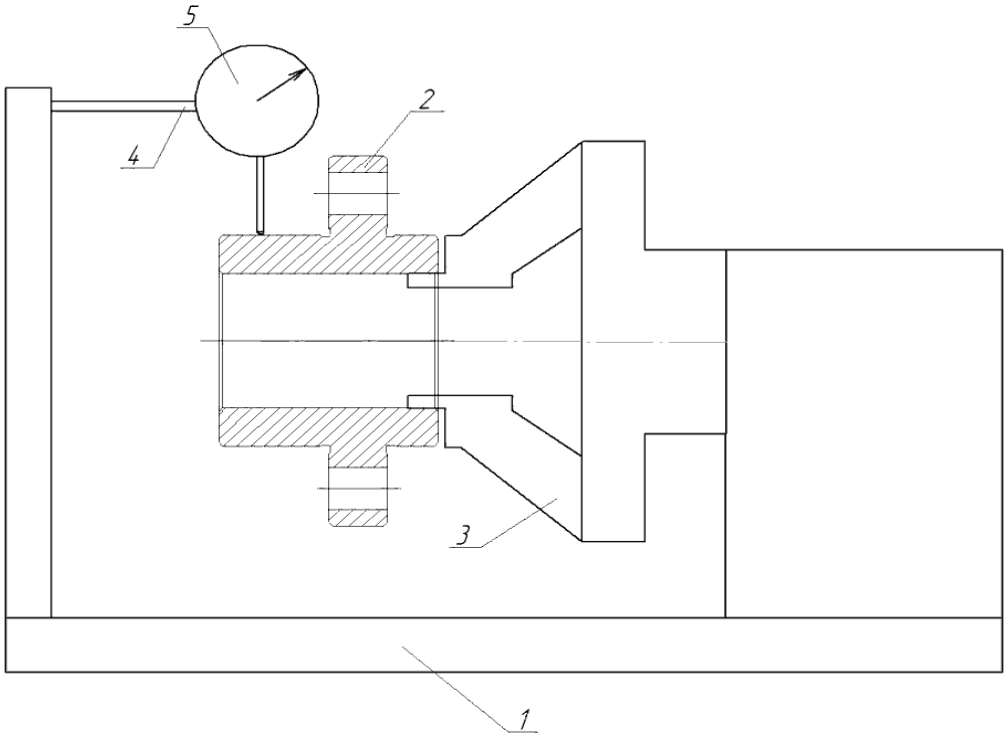


Рисунок 3.5 – Схема приспособления

Деталь 2 устанавливается в кулачки 3. Для контроля торцевого биения необходимо подвести индикатор 5 к контролируемой детали 2. При этом необходимо вращать деталь с помощью рукоятки.

3.2.3 Компоновка контрольного приспособления

Более точное центрирование детали по наружным цилиндрическим поверхностям производят мембранные патроны (рисунок 3.6).

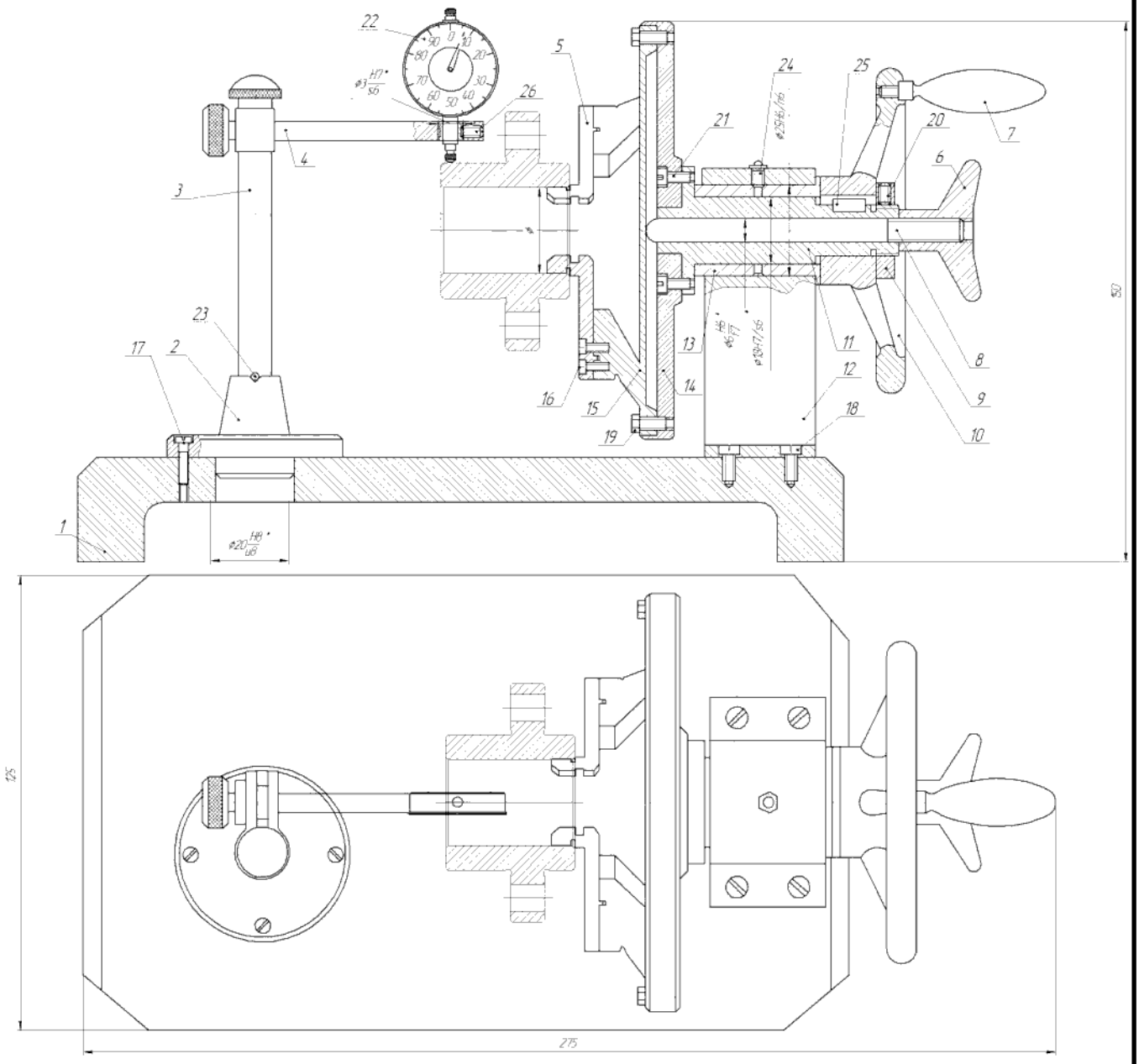


Рисунок 3.6 – Приспособление для контроля радиального биения

На шпиндель поз 11 приспособления закреплена мембрана поз 15 с тремя выступами, на которых установлены зажимные кулачки поз 5. Перед установкой детали при помощи тяги поз 8 нажимают на центральную часть мембраны, она выпучивается и кулачки расходятся в стороны. На сжатые кулачки устанавливают контролируемую деталь и снимают с мембраны центральную нагрузку. Стремясь вернуться в исходное положение, она охватывает деталь, надежно ее центрируя.

Проверку биения поверхности производят индикатором поз 22, установленным на поворотной стойке 4. Стойка обладает большой универсальностью, так как дает возможность перемещать индикатор по высоте, изменять вылет и поворачивать его вокруг осей вертикальной стойки и горизонтальной державки. Крепление индикатора осуществляется за ушко. При этом чугунное квадратное основание придает стойке устойчивость. На верхнем торце втулки 2 имеются два крестообразно расположенных призматических фиксирующих паза.

Штифт поз 28, запрессованный в паз поз 3, входит в один из призматических пазов, тем самым закрепляя положение стойки. При повороте пальца поз 3 штифт поз 28, выйдя из призмы и скользя по торцу втулки 2, западает во вторую призму, фиксируя, таким образом, второе угловое положение индикаторной державки. Постоянство положения индикатора обеспечивается центричностью от штифта поз 26 относительно поверхности пальца поз 3 и призматических пазов относительно отверстия втулки 1.

При вращении детали за маховик, по индикатору снимаем показания.

3.2.4 Расчет контрольного приспособления на точность

Погрешность измерения поверхности вращения определяется по следующей формуле [3]

$$\Sigma_{\text{сум}} =^{1/2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}$$

где, Δ_1 – допуск на биение базового отверстия детали при изготовлении ограничен величиной $\Delta_1 = 0{,}009$мм.

Δ_2 – погрешность, вызываемая вариациями в показаниях индикатора, величина которых составляет $\Delta_2 = 0{,}0015$мм.

Δ_3 – погрешность установки кулачков на основание ориентировочно, $\Delta_3 = 0{,}0015$мм

$$\Sigma_{\text{сум}} =^{1/2} \sqrt{0{,}009^2 + 0{,}0015^2 + 0{,}0015^2} = 0{,}012\text{мм}$$

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

$$\Delta_{отн} = \frac{0,012}{0,04} = 0.3 = 30\%.$$

3.3 Расчет плоской шпоночной протяжки

Чертеж обрабатываемой поверхности детали приведен, в соответствии с рисунком 3.7

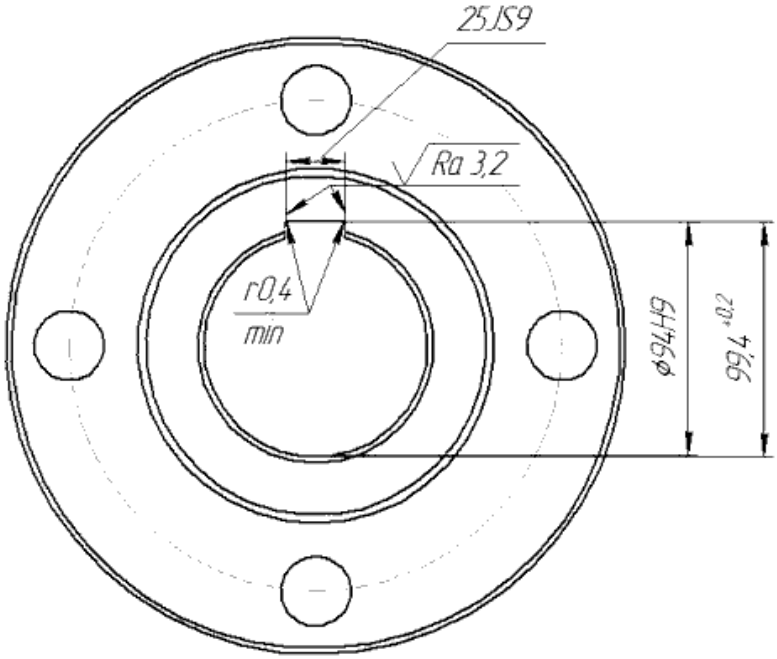


Рисунок 3.7 – Обрабатываемое отверстие

Материал протяжки назначаем по таблице [11].

Сталь 40Х относится к коррозионно – стойким (нержавеющим) сталям. Рекомендуемый материал протяжки выбираем *Р9К5* (быстрорежущая сталь).

Выбираем хвостовик протяжки (Тип 2), в соответствии с рисунком 3.8, принимаем размеры хвостовика. ГОСТ 4043 – 70 [11] (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – размеры хвостовика протяжки

Тип	Размеры хвостовика, мм									Площадь опасного сечения F_X, мм^2
	b	l_1	b_1	H_1	l_2	l_3	$l_{зж}$	f	r	
1	25	80	-	55	22	25	60	10	18	900

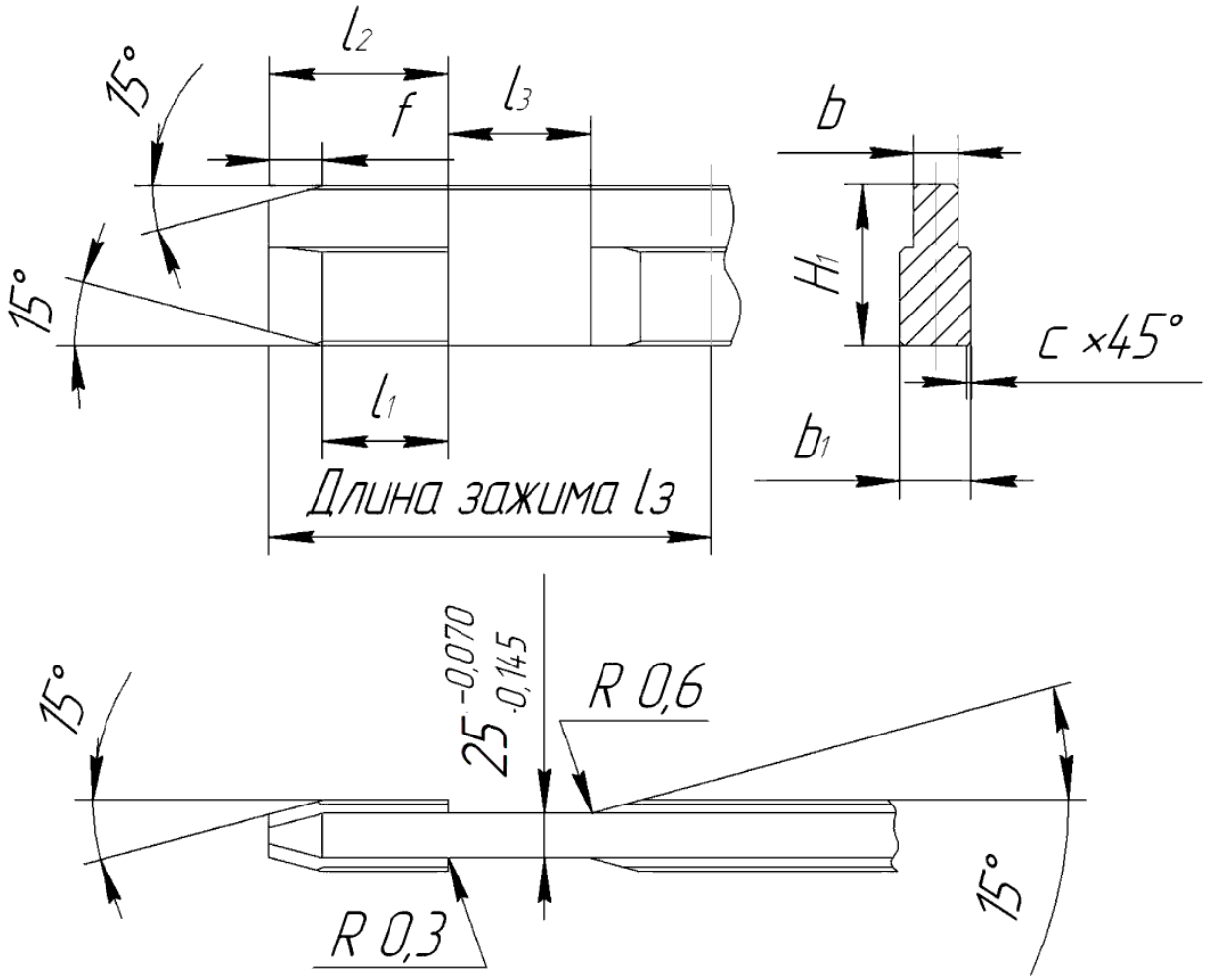


Рисунок 3.8 – Хвостовик протяжки

Суммарный подъем протяжки

$$\sum \Delta h = t'_{max} - D + f_0 \text{ мм;}$$

где t'_{max} – наибольшее расстояние от края отверстия до дна канавки;

t'_{max} = 99,6 мм;

D – диаметр отверстия (наименьший размер);

f_0 – величина стрелки.

Величина f_0 определяется по формуле:

$$f_0 = 0{,}5(D - \sqrt{D^2 - b^2}) \text{ мм;}$$

$$f_0 = 0{,}5\ (94 - \sqrt{94^2 - 25^2}) = 2{,}75 \text{ мм}$$

тогда

$$\Sigma \Delta h = 99{,}6 - 94 + 2{,}75 = 8{,}35 \text{ мм}$$

Ширина зубчатой части

$$в_{\text{п}} = в_{\max} - \delta_в \text{ мм};$$

где $\delta_в$ – остаточная деформация паза по ширине, обычно принимается от 0 до 0,01 мм.

$$в_{\text{п}} = 25{,}078 - 0{,}01 = 25{,}068 \text{ мм};$$

Подача на зуб для режущих зубьев S_Z = 0,08 ÷0,15 принимается по таблице [11]

Принимаем S_Z = 0.15 мм.

Шаг зубьев t – по таблице [11]

Принимаем стандартное значение t = 18,0 мм.

Наибольшее количество одновременно работающих зубьев

$$Z_{\text{i}} = \frac{L}{t} + 1,$$

$$Z_{\text{i}} = 140/18 = 7{,}7$$

Примем количество одновременно работающих зубьев Z_{i} = 8.

Профиль стружечной канавки, в соответствии с рисунком 3.9 принимается с размерами по таблице [11].

Размеры канавок t = 18 мм; Q = 6,0 мм; r = 3,5 мм; h_0 = 7,0 мм.

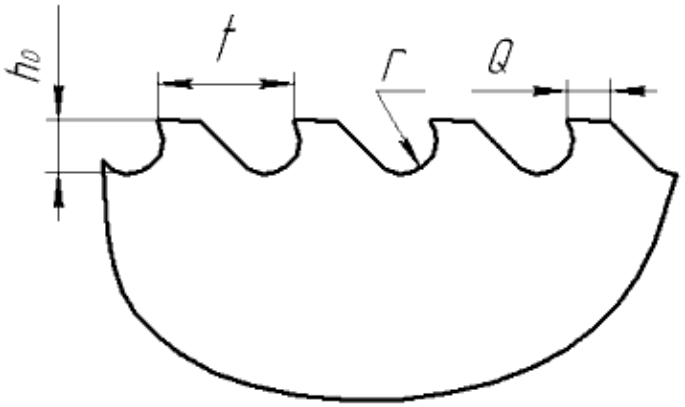


Рисунок 3.9 – Профиль стружечной канавки

Передний и задний углы зубьев протяжки выбираются по таблицам [11].

Передний угол принимаем $\gamma = 20°$ задний угол $\alpha = 5°$.

Коэффициент заполнения впадины

$$K = \frac{F_a}{L \cdot S_Z}$$

где величина K не должна быть меньше значений $K_{\min}$ или

F_{a} – активная площадь сечения стружечной канавки, F_{a} = 7,07мм^2

$$К = 7{,}07 /(140 \cdot 0{,}15) = 0{,}63$$

Высота режущего выступа

$h_0' = 1{,}25\ h_0$,

где h_0 – глубина стружечной канавки 7,0 мм [11].

$$h_0' = 1{,}25 \cdot 2 = 8{,}75 \text{ мм}$$

Сила протягивания

$$P = C_p \cdot S_Z^x \cdot b \cdot Z_i \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_u$$

где значения C_p, x, K_γ, K_c, K_u принимаются [11]

$C_p = 202$;

$x = 0{,}85$;

K_γ = - коэффициент, учитывающий передний угол.

$K_\gamma = 0{,}85$;

K_c = коэффициент, учитывающий применение СОЖ (10%-ая эмульсия);

$K_c = 1$;

K_u = - коэффициент, учитывающий степень затупления протяжки;

$K_u = 1$.

$$P = 202 \cdot 0{,}09^{0{,}85} \cdot 25 \cdot 8 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1 = 443{,}51 \text{ кгс};$$

$$P = 9{,}81 \cdot 443{,}51 = 4350{,}833 \text{ Н}.$$

Высота сечения по первому зубу протяжки H_1 [11]

$H_1 = 45$мм;

Высота по последнему режущему зубу

$$H_n = H_1 + \sum \Delta h$$

$$Hn = 45 + 8{,}35 = 53{,}35 \text{ мм};$$

Количество режущих зубьев

$$Z_p = \frac{\sum \Delta h}{S_z} + (2 \div 1)$$

Примем $Z_P = 58$

Длина режущей части

$$l_p = t \cdot Z_p \text{ мм}.$$

$$l_p = 18 \cdot 58 = 1044 \text{ мм}.$$

Количество и размеры стружкоделительных канавок на режущих зубьях.

Профиль стружкоразделительной канавки принимаем угловой с углом $\omega = 60^\circ$ и размерами, принятыми по табл. [11]

$$S_k = 1{,}0;\ h_k = 0{,}5;\ r_k = 0{,}2 \text{ мм}.$$

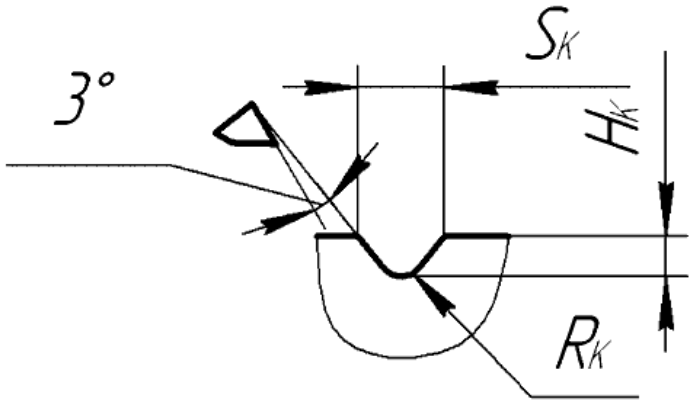


Рисунок 3.10 – Профиль стружкоразделительной канавки

Угол бокового поднутрения $\varphi_1 = 1° \div 1°30'$, для изделий из вязких сталей $\varphi_1 = 2° \div 2°30'$, в соответствии с рисунком 3.11.

С целью уменьшения трения на боковых поверхностях зубьев на всех зубьях делаются поднутрение под углом φ_1=1,5º. Поднутрение начинается не от самой вершины, а на расстоянии $f = 0,7 \div 1$ мм. Поднутрение делается на зубьях, высота которых равна или больше 1,2 ÷ 1,3 мм.

Принимаем $f = 0,7$ мм.

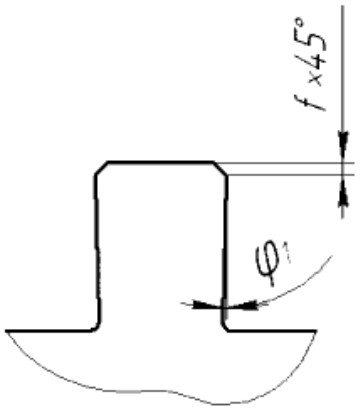


Рисунок 3.10 – Угол бокового поднутрения

Переходные режущие кромки выполняются по дуге радиуса $R_п$ или прямой, составляющей угол 45° с боковыми сторонами. Принимаем $R_п = 0,25$ мм, а длина переходной кромки 0,2 мм.

Напряжение растяжения в материале хвостовика протяжки

Величину $[\sigma]$ принимают по таблице [11].

$[\sigma] = 350$

Высота калибрующих зубьев равна высоте последнего режущего зуба

$$H_К = H_П.$$

Принимаем $H_К = 53,35$ мм;

Количество калибрующих зубьев $Z_К$ принимается по [11]
Принимаем $Z_К = 4$.
Шаг калибрующих зубьев $t_К$ принимается равным шагу режущих зубьев

$$t_К = t \text{ мм.}$$
$$t_К = 18 \text{ мм.}$$

Длина калибрующей части

$$l_К = t_К \cdot Z_К + (5 \div 10) \text{ мм.}$$
$$l_К = 18 \cdot 4 + (5 \div 10) = 77 \div 82 \text{ мм.}$$

Примем длину калибрующей части 80 мм;
Прямая ленточка на вершинах: калибрующих зубьев $f_К = 0{,}2$ мм.

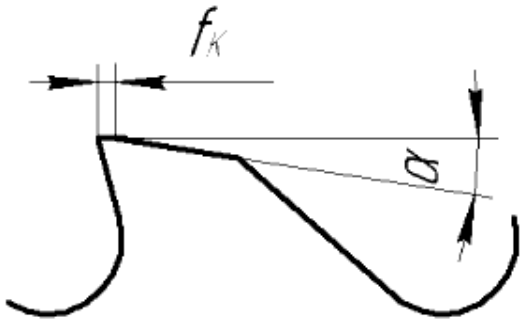


Рисунок 3.10 – Ленточка на вершинах калибрующих зубьев

Общая длина гладких частей протяжки определяем по формуле

$$l_1 = l_1^{'} + l_с + l_а + l_з + l_б + l_в + l_ч \text{ мм;}$$

где $l_1^{'}$ – длина хвостовика, зависящая от способа крепления и размеров протяжки;
$l_1^{'} = 80$ мм;
l_3 – длина входа патрона в отверстие станка;
$l_3 = 0$ мм;
$l_С$ – толщина опорной плиты (стола) станка;
$l_С = 40$ мм;
$l_а$ – длина выступающей части опорного кольца;
$l_а = 30$ мм;
$l_б$ – длина выступающей части фланца направляющей оправки;
$l_б = 15$ мм;
$l_в$ – длина посадочной части оправки;
$l_в = 30$ мм;

$l_ч'$ – длина, необходимая для беспрепятственного насаживания изделия в том случае, когда работа ведется без отключения протяжки от станка после каждого рабочего хода.

$l_ч' = 30$ мм;
$l_1 = 80 + 40 + 30 + 0 + 15 + 30 + 30 = 225$ мм;
Общая длина протяжки

$$L_П = l_1 + l_р + l_К \text{ мм};$$
$$L_П = 225 + 1044 + 80 = 1349 \text{ мм};$$

Глубина паза в направляющей оправке

$$H = H_1 + f_0 \text{ мм};$$
$$H = 45 + 2{,}75 = 47{,}75 \text{ мм}.$$

Толщина тела направляющей оправки проверяется на прочность по условию

$$H \le 0{,}5(D + \sqrt{0{,}5D^2 - B^2})$$

где D – диаметр отверстия;
B – ширина тела протяжки.

$$H \le$$ [illegible]

$$47{,}75 < 77{,}79$$

Условие выполнено.

Выводы по разделу три

В конструкторском разделе выпускной квалификационной работы спроектировано сверлильное приспособление для сверления 4 отверстий, приспособление для контроля радиального биения, протяжка шпоночная.

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Выбор и определение количества оборудования

Планируется разработать планировку в реальных условиях, поэтому наряду с оборудованием числового программного управления остается универсальное оборудование.

Предлагается спроектировать поточную линию. Работа линии будет осуществляться в одну смену, так как в реальных условиях в будущем объём выпуска продукции увеличится, и на спроектированном участке возможно увеличение объёма выпуска за счёт увеличения количества рабочих смен. Расчёт производится по базовой детали группы В, как наиболее трудоёмкой.

Число станков определяется по каждой операции по формуле [12]

$$C'_{р} = \frac{t_{шт}}{\tau},$$

где $t_{шт}$ – штучное время, мин;

τ – такт выпуска деталей, мин.

Такт выпуска деталей (мин) рассчитывается по формуле [2]

$$\tau = \frac{\Phi_0 \times 60}{N^{гр}},$$

где Φ_0 – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч,

$N^{ГР}$ – годовой объём выпуска деталей, шт.

При двусменном режиме работы Φ_0=4015 ч. Годовой объём выпуска деталей $N^{ГР}$=10000 штук. Тогда по формуле такт выпуска деталей будет равен

$$\tau = \frac{4015 \times 60}{10000} = 24{,}09 \text{ мин.}$$

При расчёте необходимого количества оборудования полученное число станков округляется до ближайшего большего числа, получая при этом расчётное число станков C_P для данной операции. После этого определяется коэффициент загрузки станков для каждой операции, который равен [12]

$$K_З = \frac{C_P^1}{C_P}.$$

Принятое число станков C_n определяется с учетом коэффициента использования оборудования K_u, учитывающий наложенные потери времени, который назначается по рекомендациям [12]

$$C_n = \frac{C_P}{K_u}, \text{ шт.}$$

Расчет необходимого количества оборудования представлен в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Расчет количества станков

Операция	τ, мин.	$t_{шт-к}$, мин.	C_P', шт	C_P, шт	$К_з$	K_u	C_n, шт
05	24,09	5,27	0,21	1	0,43	0,85	1
10		4,8	0,20	1	0,39	0,85	1
15		11,37	0,47	1	0,92	0,85	1
20		7,83	0,33	1	0,63	0,85	1
35		2,31	0,10	1	0,19	0,85	1
40		40,47	1,67	2	0,82	0,85	2
Σ				7			7

Средний коэффициент загрузки станков проектируемого участка рассчитывается по формуле [12]

$$K_3^{ср} = \frac{\sum C_{Pi}}{\sum C_{ni}},$$

где *i* – число операций обработки деталей;

$$K_3^{ср} = \frac{7}{7} = 1.$$

Результат расчета среднего коэффициента загрузки станков по операциям признается удовлетворительным, так как условие $K_3^{ср} \geq 0{,}8$ для серийного производства выполняется.

На разрабатываемом участке принятое число станков равно 7 штук.

Таблица 4.2 – Оборудование

№ операции	005	010	015	020	035	040
Количество станков	1	1	1	1	1	2
Модель станка	NEF 400	NEF 400	NEF 400	NEF 400	2170	7523

Разрабатываемая поточная линия предназначена для групповой обработки деталей. Составим схему движения деталей (рисунок 4.1). Чтобы проверить отсутствие встречных потоков.

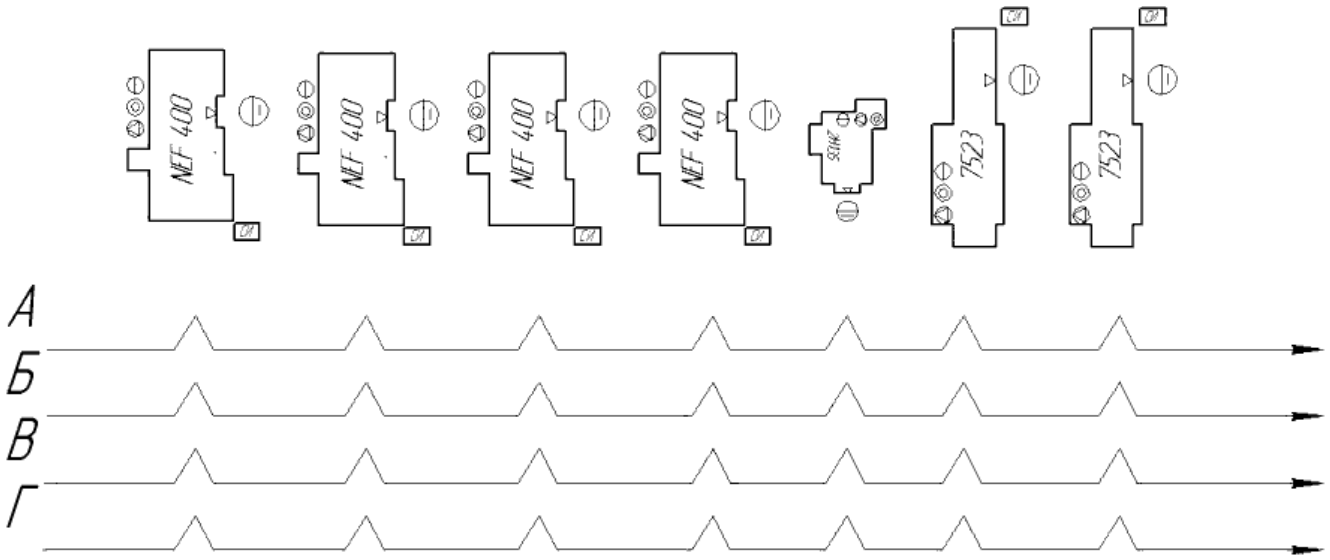


Рисунок 4.1 – Схема движения деталей группы по операциям

Из схемы движения деталей видно, что встречных потоков нет, следовательно, разработанный порядок операций в групповом технологическом процессе обработки можно принять за окончательный вариант.

4.2 Определение состава и количества работающих

Число производственных рабочих определяется с учётом анализа условий многостаночного обслуживания. Основное условие для использования многостаночного обслуживания на операции заключается в том, чтобы за время автоматической работы одного станка рабочий мог выполнить работу по обслуживанию других станков. Но при условии того, что на участке ведется групповая обработка деталей, и возможна обработка разных деталей одновременно на различных операциях, то многостаночное обслуживание не возможно.

Поэтому число станочников принимается по числу станков.

Таким образом, для обслуживания шести станков потребуется шесть основных рабочих. Принимаем $R_{п}$ = 7 человек.

Численность вспомогательных рабочих определяется в зависимости от числа основных рабочих по рекомендациям [12]

Численность вспомогательных рабочих определяется в зависимости от числа основных рабочих.

$$Р_{ВСП}=0,25 \cdot Р_{0},$$

$$Р_{ВСП}=0,25\cdot 7=1,75 \text{ чел.}$$

Принимаем вспомогательных рабочих два человека.

Численность инженерно-технических работников определяется в зависимости от числа станков

$$Р_{ИТР}=0,2\cdot \Sigma С_{Р},$$

$$Р_{ИТР}=0,2\cdot 7=1,4 \text{ чел.}$$

Принимаем инженерно-технических работников равным двум.

Число служащих механических цехов определяется от числа основных рабочих

$$Р_{сл}=0,019\cdot Р_{о},$$

$$Р_{сл}=0,019\cdot 7=0,133 \text{чел.}$$

Принимаем число служащих равным одному.

4.3 Выбор типов транспортных средств

4.3.1 Определение потребного количества мостовых кранов

В качестве погрузочного и транспортного устройства на участке применяется кран однобалочный мостовой грузоподъёмностью 10 т, управляемый с помощью подвесного кнопочного пульта.

Расчёт потребного количества мостовых кранов проводится на основе веса перемещаемых грузов и количества крановых операций. Потребное количество кранов определяется по формуле [12]

$$К=\frac{Д\cdot i}{Ф\cdot m}\cdot\frac{(\frac{l_{ср}}{V_{ср}}+t_{з}+t_{р})}{Ф_{н}\cdot К_{l}}, \text{ шт,}$$

где Д – количество перевезенных грузов (контейнеров) на годовую программу выпуска деталей;

i – количество крановых операций на один перевезенный груз;

Ф – количество рабочих дней в году, Ф = 240;

m – количество рабочих смен в сутки, m=1;

$l_{ср}$ – средняя длина пути на одну крановую операцию, м;

$V_{ср}$ – средняя скорость движения крана, $V_{ср}$ = 30 м/мин;

$t_{з}$ – время на одну загрузку, $t_{з}$=2 мин;

$t_{р}$ – время на одну разгрузку, $t_{р}$=2 мин;

$Ф_{н}$ – номинальный фонд времени работы крана, $Ф_{н}$=480 мин;

$К_{l}$ – коэффициент, учитывающий простои крана, $К_{l}$=0,85.

Количество перевезенных грузов определяется по формуле [12]

$$Д = \frac{N^{год} \cdot G_1}{G_к},$$

где $N^{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N^{год}$ = 10000 шт;

G_1 – вес одной детали, кг;

$G_к$ – вес контейнера с деталями, кг.

Вес одной детали G_1 = 2,95 кг. Вес контейнера с деталями принимается равным 200 кг. Тогда с учётом принятых данных количество перевезённых грузов равно

$$Д = \frac{10000 \cdot 2{,}95}{200} = 147{,}5.$$

Количество крановых операций (загрузок и разгрузок) на один перевезённый груз равно единице. Средняя длина пути на одну крановую операцию принимается равной $1_{ср}$ = 66 м. Тогда потребное количество кранов равно

$$К = \frac{147{,}5 \cdot 1}{240 \cdot 1} \cdot \frac{(\frac{66}{30} + 2 + 2)}{480 \cdot 0{,}85} = 0{,}09$$

Принимаем К = 1 шт.

4.3.2 Определение потребного количества тележек

Тележки используются для межоперационного транспортирования деталей. Потребное количество тележек определяется по формуле [12]

$$Т = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot Ф_н \cdot m \cdot К} \cdot (\frac{l_{ср}}{V_{ср}} + t_з + t_р), \text{ шт},$$

где Q – годовой грузопоток заготовок, Q = 10000;

q – заполнение тележки за один рейс;

i – количество транспортных операций с грузом на один рейс;

$Ф_н$ – номинальный годовой фонд времени работы тележки, $Ф_н$ = 2070 мин;

$К_1$ – коэффициент, учитывающий простои тележки, $К_1$ = 0,85;

$l_{ср}$ – средний пробег тележки за один рейс, м;

$V_{ср}$ – средняя скорость тележки, м/мин;

m – количество рабочих смен в сутки, m =1;

$t_з$, – время одной загрузки тележки, $t_з$=5 мин;

$t_р$, – время одной разгрузки тележки, $t_р$=5 мин.

Количество транспортных операций на один рейс равно единице. За один рейс тележка заполняется 100 деталями, то есть q = 100 шт. Средний пробег тележки

принимается $1_{ср}$ = 66 м. Скорость тележки равна $V_{ср}$= 20 м/мин. Тогда количество тележек будет равно

$$T = \frac{10000 \cdot 10}{100 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 1 \cdot 0{,}85} \cdot (\frac{66}{20} + 10 + 10) = 1{,}23 \text{ шт.}$$

Принимаем Т = 2 шт.

4.4 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

Площадь склада материалов и заготовок или дооперационного задела определяется по формуле

$$F_{оз} = \frac{Q_{чер} \cdot t}{260 \cdot q \cdot К_{и}}, \text{ м}^2,$$

где $Q_{чер}$ – масса заготовок годового объема выпуска;

q – средняя допустимая нагрузка на 1 м^2 полезной площади пола, q = 7 т;

t – среднее количество рабочих дней, в течении которых металл и заготовки хранятся на складе до поступления на обработку, t = 6 дней;

$К_{и}$ – коэффициент использования площади складирования, $К_{и}$ = 0,4.

$$Q_{чер} = N^{год} \cdot m_{з} = 10000 \cdot 3{,}54 = 35400 \text{кг} = 35{,}4 \text{т};$$

Подставив значения в формулу, получим

$$F_{оз} = \frac{35{,}4 \cdot 6}{260 \cdot 7 \cdot 0{,}4} = 2{,}9, \text{ м}^2$$

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

Потребную площадь для промежуточного склада рассчитывают по формуле

$$F_{сд} = \frac{Q \cdot t_1}{260 \cdot q_1 \cdot К_{и}}, \text{ м}^2$$

где Q – масса деталей годового объема выпуска, подлежащих хранению, т;

q_1 – средняя допустимая нагрузка на 1 м^2, q_1 = 7 т;

t_1 – число рабочих дней запаса, t_1 = 6 дней;

$К_{и}$ – коэффициент использования площади, $К_{и}$ = 0,4

$$Q = N^{год} \cdot m_{д} = 10000 \cdot 2{,}95 = 29500 кг = 29{,}5 т$$

Подставив значения, получим

$$F_{сд} = \frac{29{,}5 \cdot 6}{260 \cdot 7 \cdot 0{,}4} = 2{,}4 \text{ , м}^2$$

4.5 Выбор способа транспортирования стружки

В результате механической обработки образуется значительное количество стружки, которую необходимо удалять с территории участка. Для выбора способа транспортирования стружки определяется количество стружки (т) на 1 м^2 площади цеха. Первым этапом рассчитывается масса стружки

$$m_{стр} = \frac{(m_{заг} - m_{дет}) \cdot N^{гр}}{1000},$$

где $m_{дет} = 2{,}95 кг$ – масса детали;

$m_{заг} = 3{,}54 кг$ – масса заготовки для детали.

$$m_{стр} = \frac{(3{,}54 - 2{,}95) \cdot 10000}{1000} = 5{,}9 \text{ т.}$$

Площадь цеха определяется по удельной площади, приходящейся на единицу оборудования. Нормы удельных площадей назначаются в зависимости от наибольшего габаритного размера оборудования. Расчёт удельной площади цеха представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчёт удельной площади цеха

Модель станка	Габаритные размеры, мм			Количество станков, шт	Удельная площадь, м^2	
	Длина	Ширина	Высота		на один станок	на все станки
NEF 400	3600	2700	2000	4	9,7	38,8
2170	1400	1650	2900	1	2,3	2,3
7523	6000	2000	1715	2	12,0	24,0
$\Sigma(S_{уд})$						65,1

Тогда количество стружки, приходящейся на 1 м^2 площади цеха будет равно

$$\frac{m_{стр}}{S_{уд}} = \frac{5{,}9}{65{,}1} = 0{,}09 \text{ т/м}^2.$$

Так как $\frac{m_{стр}}{S_{уд}}$<0,3 т/м^2, то назначается система уборки стружки М - механизированная с использованием ручного труда [12].

Определение потребного количества тележек для вывоза стружки с участка

Потребное количество тележек определяется по формуле [12]

$$T = \frac{m_{стр} \cdot i}{q \cdot 60 \cdot Ф_н \cdot m \cdot K} \cdot (\frac{l_{ср}}{V_{ср}} + t_з + t_р), \text{ шт},$$

где $m_{стр} = 5{,}9т = 5900$ кг.

q – заполнение тележки за один рейс;

i – количество транспортных операций с грузом на один рейс;

$Ф_н$ – номинальный годовой фонд времени работы тележки, $Ф_н$ = 2040 мин;

$К_1$ – коэффициент, учитывающий простои тележки, $К_1$ = 0,85;

$l_{ср}$ – средний пробег тележки за один рейс, м;

$V_{ср}$ - средняя скорость тележки, м/мин;

m – количество рабочих смен в сутки, m =1;

$t_{з,}$ – время одной загрузки тележки, $t_з$=10 мин;

$t_{р,}$ – время одной разгрузки тележки, $t_р$=10 мин.

Количество транспортных операций на один рейс равно единице. За один рейс тележка заполняется 100 килограммами стружки, то есть q = 100 шт. Средний пробег тележки принимается равным $1_{ср}$ = 66 м. Скорость тележки равна $V_{ср}$= 50 м/мин. Тогда количество тележек будет равно

$$T = \frac{5900 \cdot 10}{100 \cdot 60 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 0{,}85} \cdot (\frac{66}{50} + 10 + 10) = 0{,}12 \text{ шт.}$$

Принимаем Т = 1 шт.

4.6 Планировка оборудования и определение производственной площади

Планировка оборудования и рабочих мест на участке осуществляется в порядке технологических операций.

Станки на участке, располагаются перпендикулярно проезду. Расстояние между станками выбирается по рекомендациям: при расположении станков «в затылок» расстояние между ними равно 1500 мм, тыльными сторонами – 800 мм, фронтальными сторонами и обслуживании одним рабочим одного станка –2500 мм, двух станков – 1500 мм. Для каждого станка, в зависимости от модели, показаны места подвода электроэнергии, средства охлаждения и вентиляции.

В начале участка предусмотрено место складирования заготовок и место складирования деталей. Межоперационное транспортирование деталей осуществляется подвесным конвейером, расположенным вдоль поточной линии. Ширина рабочего места принимается равной 500 мм, рабочей зоны – 800 мм.

На участке предусмотрены контрольный стол и кафедра мастера, на которой находятся телефон и аптечка.

Для уборки стружки с рабочих мест предусмотрена механизированная система с использованием ручного труда. Для транспортировки контейнеров используется электротележка.

В качестве противопожарных мероприятий на участке предусмотрены щит пожарного обеспечения, ящик с песком, пожарный кран, имеются свободными пешеходный проход и проезд.

Разработанная планировка показана на рисунке 4.2. Участок обработки располагается вдоль пролёта между проездом шириной 3500 мм. Проезд предназначен для одностороннего движения автомобильного транспорта. Из рисунка 4.2 видно, что длина участка $A = 33$ м, ширина участка $B = 9$ м. Тогда площадь участка равна

$$S_{уч} = A \times B;$$

$$S_{уч} = 33 \times 9 = 297 \text{ м}^2.$$

Сравним площадь разработанного участка и удельную площадь цеха:

$$S_{уч} = 297 \text{ м}^2 > S_{уд} = 65{,}1 \text{ м}^2.$$

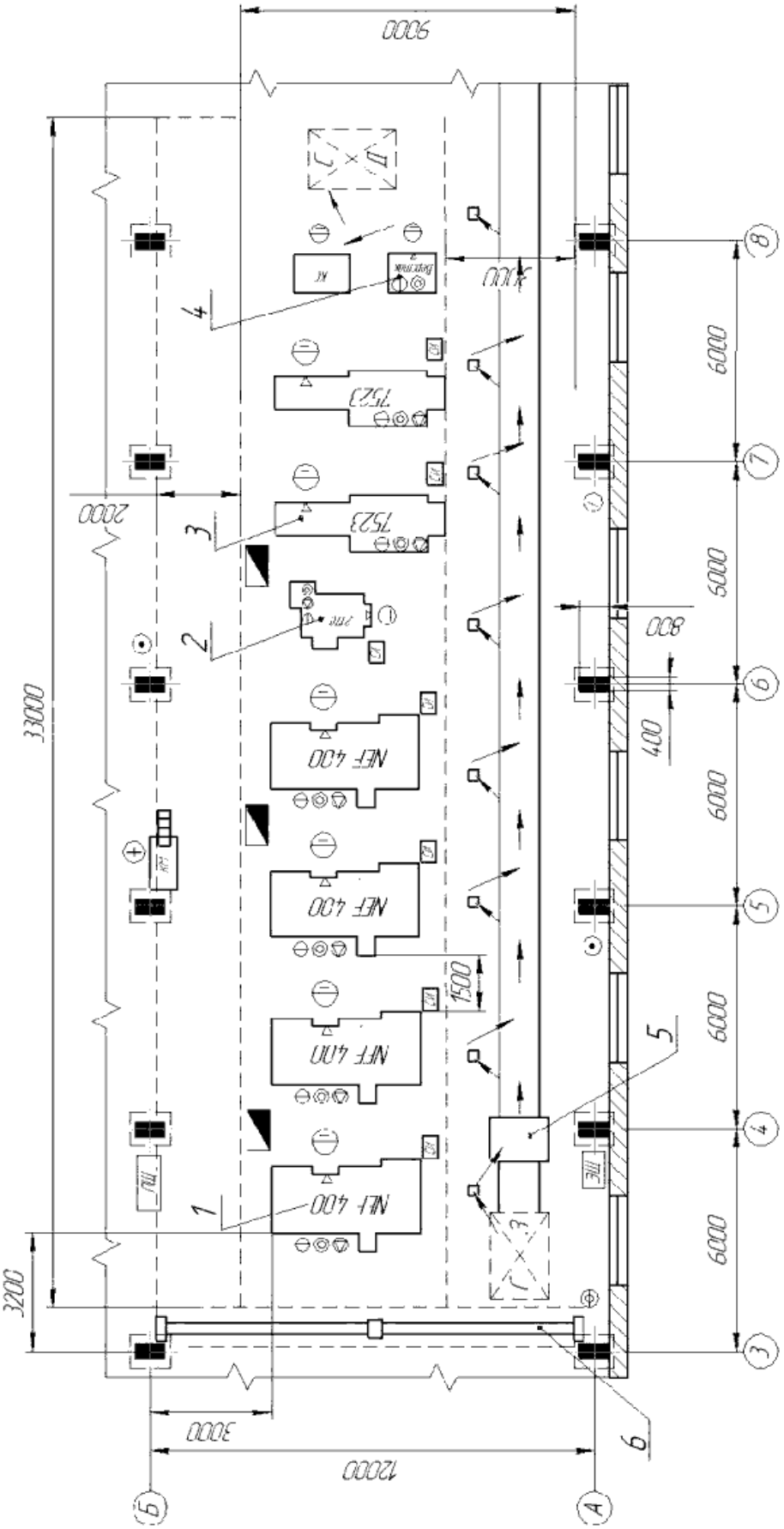


Рисунок 4.2 –Планировка участка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.168.00.00 ПЗ	Лист

4.7 Выбор типа, формы и определение размеров здания

Разработанный участок располагается в среднем пролете шириной 12000 мм и шагом колонн 6000 мм [12].

Высота пролета определяется по схеме, приведенной на рисунке 4.3.

Минимальная высота пролёта определяется по высоте до головки подкранового рельса. Высота до головки подкранового рельса рассчитывается по формуле

$$Hk = h1+h2+h3+h4, м,$$

где h1 – максимальная высота оборудования, м;

h2 – минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом;

h3 – высота транспортируемых грузов, м;

h4 – высота крана, м.

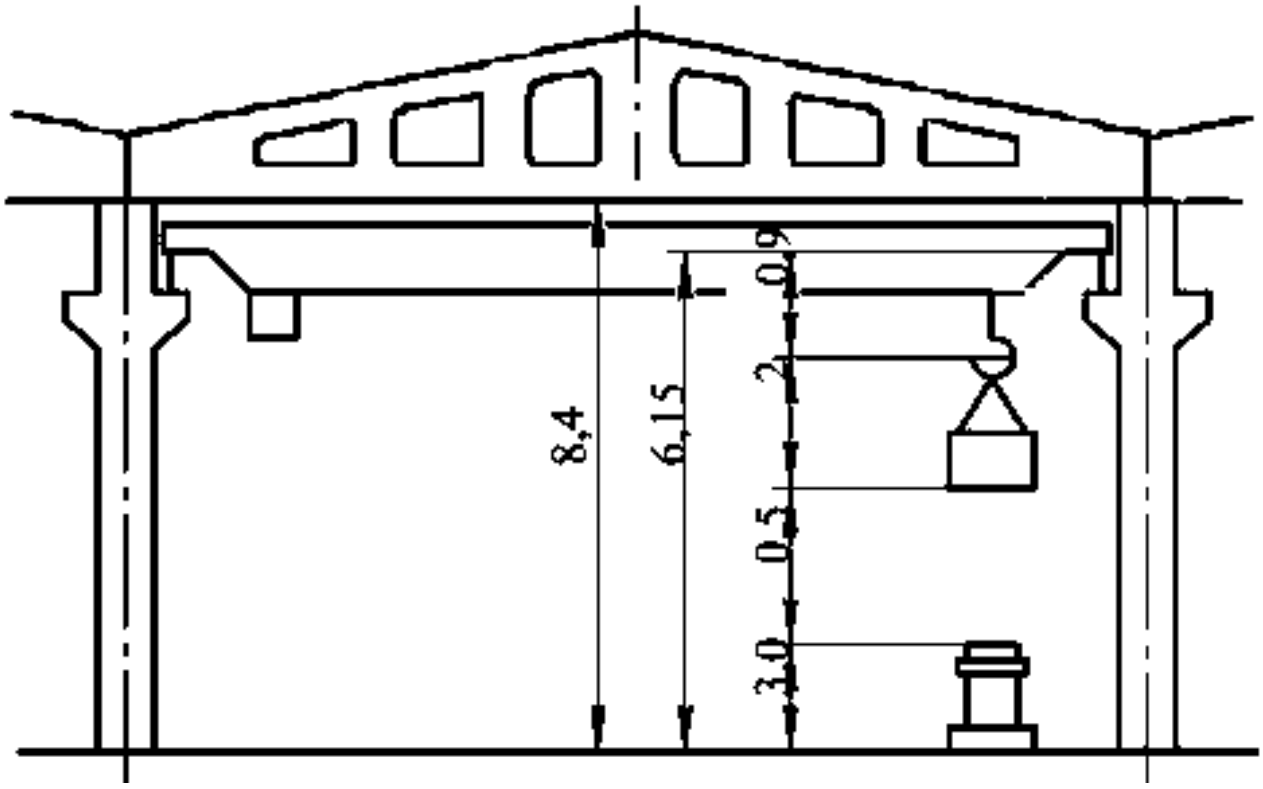


Рисунок 4.3 – Схема расчета высоты кранового пролета

Оборудованием с максимальной высотой является станок модели 2170 высотой 2,9 м. Минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом h2 = 0,5 м. Высота транспортирования грузов принимается равной h3 = 2 м, высота крана – h4 = 0,9 м. С учётом принятых данных

$$Hk = 2,9+0,5+2+0,9=6,3 м.$$

Расчётное значение корректируется до ближайшего стандартного. Принимаем Hk = 6,15 м. В зависимости от величины Hk принимаем высоту пролёта H = 8,4 м.

Колонны здания железобетонные серии КЭ-01-49 с консолями прямоугольного сечения 400×800 мм (рисунок 4.4). Торцовые колонны здания смещены внутрь относительно разбивочной оси на 500 мм. Это необходимо для того, чтобы пропустить колонны фахверка.

Колонны здания железобетонные серии КЭ-01-49 с консолями прямоугольного сечения 400×800 мм высотой 8550мм (рисунок 4.3).

Фундаменты под колонны 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, подошва фундамента – на 1,95 м Размеры фундаментов назначаются в зависимости от серии сечения колонны пролётов (рисунок 4.4).

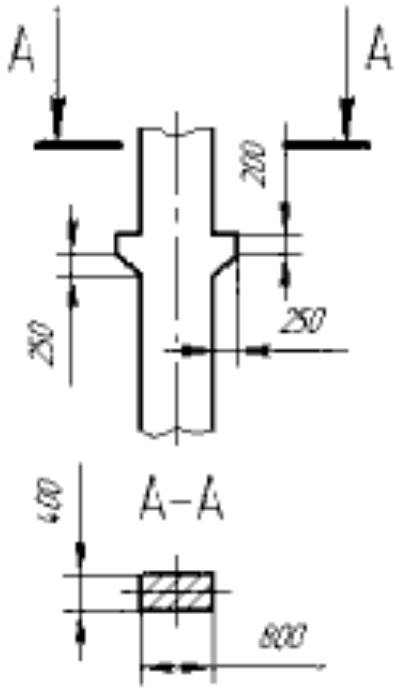


Рисунок 4.4 – Колонна средних пролетов

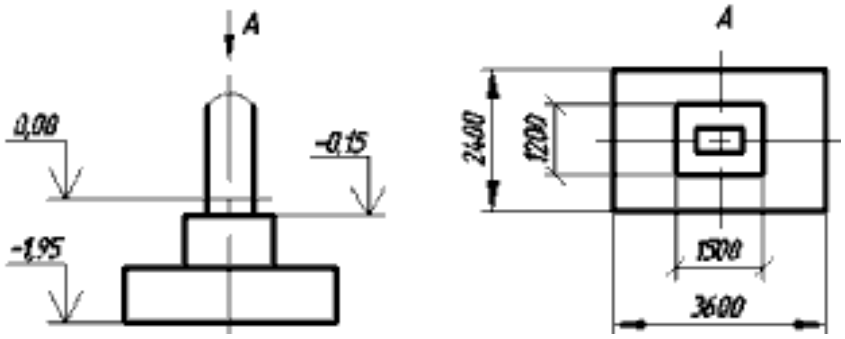


Рисунок 4.5 – Фундамент под колонны

Несущей конструкцией здания являются железобетонные решётчатые фермы серии 1.462-3. Габаритные размеры фермы: длина 11950 мм, высота 1390 мм, толщина 200 мм (рисунок 4.6).

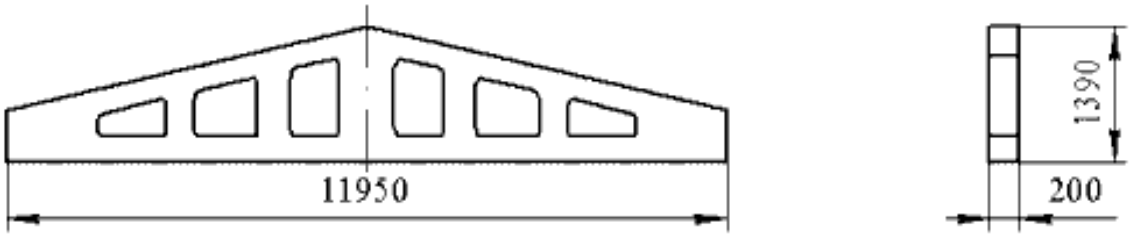


Рисунок 4.6 – Железобетонная ферма серии 1.462-3

Ограждающим покрытием здания является утеплённая многослойная кровля. Кровля состоит из сборных настилов, укладываемых по фермам (рисунок 4.7).

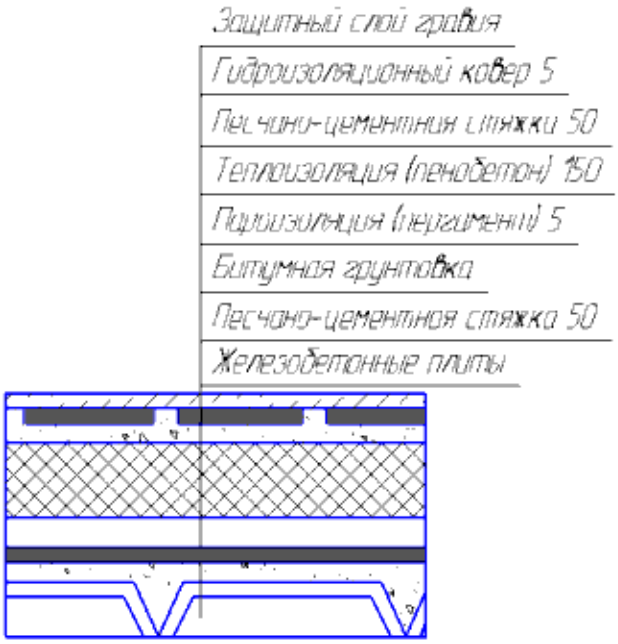


Рисунок 4.7 – Конструкция кровли

Несущим настилом являются железобетонные плиты. В качестве первого слоя применяется песчано-цементная стяжка, выравнивающая плиты покрытия и заполняющая их швы. Она покрывается пароизоляцией из пергамента по битумной грунтовке. Затем укладывается утеплитель, представляющий собой плиты из пенобетона. Чтобы создать достаточно жёсткое и ровное основание для гидроизоляционного ковра, на поверхность теплоизоляционного покрытия накладывают стяжку из песчаноцементного раствора. Гидроизоляция покрытия здания выполняется из трёх-четырёх слоёв рулонных гидроизоляционных материалов, последовательно наклеиваемых внахлест при помощи горячей битумной мастики.

Для улучшения сопротивляемости разрушению дёгтевого ковра под действием солнечной радиации ковёр покрывают слоем светлого гравия с зёрнами размером 6…10 мм, вдавленного в горячем виде в кровельную мастику с помощью катка весом 500 Н .

В качестве наружного ограждения применяются стены толщиной 500 мм. Вход на территорию цеха осуществляется через распашные ворота. Ширина ворот 4 м, высота – 3,6 м .

Оборудование на участке устанавливается непосредственно на полу. Пол представляет собой многослойную конструкцию (рисунок 4.8), включающую трамбованный грунт, надёжную бетонную подготовку толщиной 200…300 мм, песчано-цементную стяжку для выравнивания, слой гидроизоляции, а также покрытие пола из бетона.

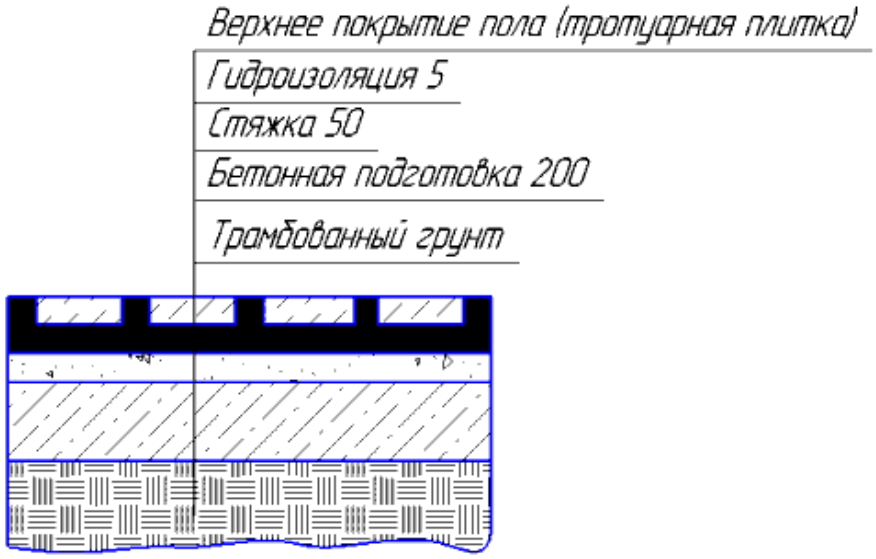


Рисунок 4.8 – Конструкция пола

Выводы по разделу четыре

В строительной части дипломного проекта выполнен расчет количества оборудования. В качестве погрузочного и транспортного устройства на участке принят однобалочный мостовой кран. Рассчитано потребное количество. Выполнен расчет площадей для складирования заготовок и деталей. Назначили систему уборки стружки механизированную с использованием ручного труда. Окончательным этапом строительного раздела является планирование участка механической обработки.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Разработка мероприятий по снятию психологических нагрузок

Психологические нагрузки сопровождают любой рабочий процесс, технологический процесс создания деталей не является исключением.

Психологические нагрузки – это совокупность определенных факторов, влияющих на эмоциональное состояние человека. К таким факторам относят: стрессовые ситуации, длительное эмоциональное напряжение и т.п. Длительное нахождение в состоянии эмоционального напряжения приводит к ухудшению самочувствия работников, увеличение количества ошибок в работе, снижение трудоспособности.

Для снятия психологических нагрузок, необходимо четко соблюдать режим труда и отдыха. Кроме того, на многих предприятия имеются специально оборудованные комнаты психологических разгрузок.

Комплекс мероприятий, позволяющий снизить появление психологических нагрузок:

1. Четкое формулирование поставленных задач.

При разработке служебного задания необходимо четко сформулировать требования к результату задания, четко обозначить сроки и исполнителей. При этом сроки, по возможности выставляются с небольшим временным запасом.

2. Концентрация внимание на мелочах.

Метод разделения задач позволит сконцентрировать внимание работника на промежуточных целях, при этом итоговый результат не будет казаться слишком проблематичным. Психологически для человека гораздо проще добиться мелких успехов, чем покорить одну, казалось бы, невыполнимую задачу.

3. Предоставление информации.

Нередко беспокойство возникает, в случае недостатка информации для принятия решения. Поэтому одним из важных этапов является получение необходимой информации.

4. Просчитавание различных методов решения сложных ситуаций.

Этот метод позволит рассмотреть все возможные методы решения задач, и найти оптимальный, который позволит получить необходимый результат требуемого качества и в установленные сроки.

5. Создание кабинетов психологической разгрузки сотрудников

5.2 Расчет естественного освещения

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое). В данном случае в цехе предусмотрено двустороннее боковое освещение. Включающее в себя шестнадцать оконных проёмов шириной 3

м и высотой 4,8. Таким образом общая площадь оконных проёмов равна 130,6 м2, а площадь одного окна – 14.4 м2.

Для обеспечения нормального значения КЕО площадь световых проёмов определяется по формуле:

$$So = \frac{e_n \times \eta_0 \times Sn \times Kзз \times Kз}{100 \times \tau_0 \times r1}$$

где e_n – нормированное значение КЕО

So – площадь окон, м2

Sn – площадь пола, м2

τ_0 – общий коэффициент светопропускания

$r1$ – коэффициент, учитывающий повышение КЕО от отражённого света

η_0 – световая характеристика окон

$Kзд$ – коэффициент затемнения окон от противостоящих зданий

$Kз$ – коэффициент запас

Нормированное значение КЕО, для зданий располагаемых в различных районах следует определять по формуле:

$$e_n = e_n \times m_n,$$

где: n – номер группы обеспеченности естественным светом

еп – значение КЕО, %

mп – коэффициент светового климата

Работы, производимые в цехах, соответствуют IV и V разряду зрительных работ. Поэтому значение КЕО выбираем для наивысшего разряда зрительных работ (IV), еп=1,5%. Значение коэффициента светового климата зависит от ориентации световых проёмов по сторонам горизонта и от группы административных районов России по ресурсам светового климата. Так для Челябинской области тп=1 [5].

По формуле получаем:

$$e_п = 1,5 \times 1 = 1,5\%$$

При боковом двухстороннем освещение r1 принимается 1,5; η0 - в промежутке от 8,0 до 15,0; $К_{зд}$ равно 1,0; Кз принимается в промежутке от 1,5 до 2,0, а τо равно 0,9 [6]. Площадь пола цеха равна 590.49 м2.

Таким образом, по формуле определяем расчетную площадь окон:

$$S_0 = \frac{1{,}5 \times 1{,}2 \times 590.49 \times 1 \times 1{,}7}{100 \times 0{,}9 \times 1{,}5}$$

Расчетная площадь окна равна 13,38 м2, что ненамного отличается от действительной площади равной 14,4 м2.

Поэтому можно считать, что действительная площадь окон соответствует установленным нормам.

5.3 Планирование мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности

5.3.1.Мероприятия по уменьшению влияния вредных веществ.

На предприятии должны быть:

Разработаны нормативно – технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ;

Выполнены комплексы организационно – технические, санитарно – гигиенические и медико-биологические мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами предусматривают:

– Выпуск конечных продуктов в не пылящих формах.

– Ограниченное содержание примесей вредных веществ в исходных и конечных материалах;

– Применение прогрессивной технологии производства (автоматизации; непрерывность процесса; дистанционное управление; автоматический контроль процессов и операций), исключающей контакт человека с вредными веществами;

– Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

– Выбор оборудования, не допускающий выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса; а также правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств (отопления, вентиляции, водопровода, канализации);

– Рациональная планировка промышленных площадок и помещений;

– Применение средств индивидуальной защиты (очки; экраны);

– Специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;

– Проведение предварительных и периодических медосмотров, выявляющих противопоказания для работы с конкретными вредными веществами, проведение

инструктажа по оказанию до врачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

5.3.2.Создание рационального освещения

На участке имеется искусственное и естественное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы в стенах здания (боковое освещение) и световые проемы на крыше (верхнее освещение).

Искусственное освещение необходимо в ночное время, а также в местах со слабой освещенностью. На случай аварии на участке предусмотрено аварийное освещение, при котором наименьшая освещенность рабочих поверхностей составляет 5% нормируемой освещенности.

Устранение шума

К коллективным методам относится средства защиты для уменьшения шума в источнике, либо на пути его распространения. К индивидуальным методам защиты относятся вкладыши, наушники.

Уменьшение шума в источнике является более эффективным, так как при малых затратах позволяет значительно снизить шум.

Меры борьбы с механическим шумом:

– Замена ударных механизмов на безударные;

– Замена возвратно-поступательных движений на постоянное вращение;

– Применение смазок.

Для уменьшения шума применяют звукоизолированные кожухи. Кожухи внутри облицованы звукопоглощающим материалом, иногда снабжаются вентиляторами, чтобы не перегревался механизм. Кожух жестко крепится с механизмом, чтобы не создавать дополнительного источника шума.

5.3.3 Создание оптимальных метеорологических условий

На печном участке осуществляется общеобменное приточно-вытяжная вентиляция с подачей воздуха в верхнюю зону помещения и рассеивания в рабочую зону с такой скоростью, чтобы обеспечить подвижность воздуха не более 0,3 м/с. Аэрация осуществляется с помощью светоаэрационных фонарей, установленных на крыше здания и боковых проемах. В летнее время в окна поступает воздух, нагреваясь он поднимается вверх и удаляется через светоаэрационные фонари. Таким образом происходит удаление избытка тепла. В зимнее время окна закрываются и в помещениях сохраняется тепло. Для предотвращения проникновения в помещение холодного воздуха через проемы и двери зимой на входе устраиваются воздушно-тепловые завесы. На участке имеются большие тепловыделения. С целью снижения тепловыделений рабочие камеры печей снабжены теплоизоляцией. Наружная поверхность теплоизоляционного слоя имеет температуру не выше 50 ºС. Для защиты от тепловыделений и ожогов применяют средства защиты. Одежда рабочих выполнена из теплостойких, прочных ,воздухопроницаемых тка-

ней. Для защиты рук используют рукавицы. Помимо этого контроль за работой и управлением печей ведут в специально отведенных местах, защищенных от избыточных тепловыделений (щиты управления).

5.3.4 Мероприятия по предотвращению электротравматизма

Помещения термического цеха относятся к особо опасным по степени поражения электрическим током. Мероприятия по защите от электротравматизма должны обеспечить недоступность токоведущих частей, ограждение их и изоляцию. Для устранения опасности поражения людей электрическим током в сетях с изолированной нейтралью применяют защитное заземление. ГОСТ12.1.030-81 «Электробезопасность». Заземлению подлежат все металлические токоведущие части оборудования (кранов, передаточных тележек), которые могут оказаться под напряжением. Защита от прикосновения к токоведущим частям оборудования обеспечивается размещением их на недоступной высоте (провода на участке располагаются на высоте 3-3,5 м).

Для временного ограничения токоведущих частей на участке используются переносные щиты.

В печах предусмотрена блокировка отключающая питание электрического двигателя, вентилятора, обеспечивающая циркуляцию воздуха.

На пультах щитов управления печами установлены сменные лампы, сигнализирующие о наличии тока на агрегате.

Выводы по разделу пять

В разделе безопасность жизнедеятельности разработаны мероприятия по снятию психологических нагрузок, произведен расчет естественного освещения, а также рассмотрены мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Предлагается провести организационно-экономические расчёты для оценки целесообразности внедрения инженерно-технических решений дипломного проекта. Для группового технологического процесса проводится технико-экономическая оценка целесообразности обработки деталей в группах.

Общая экономия по всей группе (руб) определяется по формуле [1]

$$\Delta C^{ГР} = \sum_{i=1}^{n} \Delta C_i$$

где n – количество наименований деталей в группе;

ΔC_i – экономия по i-той детали.

Экономия себестоимости (руб) перевода детали каждого наименования в плановом периоде на групповую обработку складывается из следующих трёх величин [1]

$$\Delta C_i = \Delta C_{ШТi} + \Delta C_{Нi} + \Delta C_{Тi},$$

где $\Delta C_{ШТi}$ – изменение в себестоимости обработки деталей вследствие изменения штучного времени, руб;

$\Delta C_{Нi}$ – изменение себестоимости наладки станка в результате изменения подготовительно-заключительного времени, руб;

$\Delta C_{Тi}$ – изменение в затратах на технологическую подготовку производства, отнесённое к плановому периоду вследствие изменения трудоёмкости проектирования технологического процесса и изготовления оснастки, руб.

Величина $\Delta C_{ШТi}$ при неизменной себестоимости работы станка и рабочего определяется следующим образом [1]

$$\Delta C_{ШТi} = a(t^{E}_{ШТi} - t^{ГР}_{ШТj})N_i ,$$

где a – себестоимость одной минуты работы станка и рабочего, руб;

$t^{E}_{ШТi}$ – штучное время обработки детали по старому технологическому процессу, мин;

$t^{ГР}_{ШТj}$ – штучное время обработки на деталь при обработке детали группы, мин;

N_i – объём выпуска детали в рассматриваемый период, шт.

Величина $\Delta C_{Нi}$ рассчитывается по формуле [1]

$$\Delta C_{Нi} = \left(C_{Нi} - C_{ПНi}\right) \cdot p_i - \frac{C_{Нi} - C_{ПНj}}{\sum_{i=1}^{n} N_i} \cdot N_i ,$$

где C_{Hi} – себестоимость наладки станка при единичной обработке детали, руб;

$C_{ПНi}$ – себестоимость наладки станка на обработку последующих деталей группы по старому варианту обработки, руб;

p_i – число запусков деталей в рассматриваемый плановый период;

$C_{ПНj}$ – себестоимость наладки станка на обработку последующих деталей группы по новому варианту обработки, руб.

Число запусков деталей определяется по формуле [1]

$$p_i = \frac{N_i}{q},$$

где q – средний размер партии запуска деталей, шт.

Величина ΔC_{Ti} определяется по формуле [1]

$$\Delta C_{Ti} = C_{Ti} - C_{ПТj} - \frac{C_{Tj} - C_{ПТj}}{\sum_{i=1}^{n} N_i} \cdot N_i,$$

где C_{Ti} – себестоимость технологической подготовки производства детали-представителя группы, отнесённая к рассматриваемому плановому периоду по старому варианту обработки, руб;

$C_{ПТj}$ – себестоимость технологической подготовки производства каждой из остальных деталей группы, отнесённая к рассматриваемому плановому периоду по новому варианту обработки, руб;

C_{Tj} – себестоимость технологической подготовки производства детали-представителя группы, отнесённая к рассматриваемому плановому периоду по новому варианту обработки, руб.

Исходные данные для расчёта:

– рассматриваемый период – 1 год;

– количество деталей в группе $n = 4$;

– годовой объём выпуска деталей группы $N^{ГР} = 3000$ шт, из них объём выпуска деталей А, Б, В, Г. $N_А = N_В = 10000$ шт, $N_Б = N_Г = 5000$шт.

6.1 Изменение в себестоимости обработки деталей

Себестоимость обработки деталей изменится вследствие изменения штучного времени. Штучное время на обработку деталей изменилось при внедрении инженерно-технических решений. Введённые новшества отражены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Введённые новшества в технологический процесс

Новое	Деталь			
	А	Б	В	Г
1. Приспособление сверлильное	+	+	+	+
2. Протяжка шпоночная	+	+	+	+
3. Приспособление для контроля радиального биения	+	+	+	+

Рассчитаем изменение в себестоимости по каждой детали группы.

При использовании приспособления для токарной обработки (новое №1) штучное время изменится вследствие изменения вспомогательного времени на установку и снятие детали. Вспомогательное время при установке детали в УДГ равно 0,83 мин., при установке детали в приспособлении – 0,17 мин [7]. Тогда изменение штучного времени вследствие замены приспособления по каждой детали группы будет равно:

$$\Delta t_{ШТ}^{А,Н1} = (0{,}83 \cdot (0{,}83 - 0{,}17)) K_{Т_в} \left(1 + \frac{Т_{ОБС} + Т_{ОТД}}{100}\right);$$

где $Т_{ОБС}$ – время на обслуживание рабочего места, % оперативного времени;

$Т_{ОТД}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, % оперативного времени.

Время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых определяются табличным методом. Для станков с наибольшим диаметром изделия, устанавливаемого над станиной, 400 мм время обслуживания составляет $Т_{ОБС} = 4\%$. Время перерывов на отдых и личные надобности при работе на станке с механической подачей составляет $Т_{ОТД} = 4\%$ [7].

На вспомогательное время вводится поправочный коэффициент, в зависимости от суммарной продолжительности обработки партии деталей по трудоёмкости [7]. При трудоёмкости обработки партии деталей за пять смен этот коэффициент равен $K_{Т_в} = 0{,}76$ [7].

$$\Delta t_{ШТ}^{А,Н1} = (0{,}83 + 4 \cdot (0{,}83 - 0{,}17)) \cdot 0{,}76 \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right) = 2.86 \text{ мин}$$

Аналогично для всех деталей группы.

$$\Delta t_{ШТ}^{Б,Н1} = 2{,}86 \text{ мин}$$

$$\Delta t_{ШТ}^{В,Н1} = 2.86 \text{ мин}$$

$$\Delta t_{ШТ}^{Г,Н1} = 2.86 \text{ мин}$$

Себестоимость минуты работы станка и рабочего берётся по факту и составляет $a = 1,5$ руб. Тогда изменение в себестоимости обработки детали А за счет внедрения приспособления для токарной обработки будет равна:

$$\Delta C_{ШТ}^{А} = a \cdot \Delta t_{ШТ}^{А} \cdot N_{А};$$

$$\Delta C_{ШТ}^{А} = 1,5 \cdot 2.86 \cdot 10000 = 42900 \text{ руб.}$$

Для других деталей группы аналогично.

$$\Delta C_{ШТ}^{Б} = 1,5 \cdot 2.86 \cdot 5000 = 21450 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{В} = 1,5 \cdot 2.86 \cdot 10000 = 42900 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{Г} = 1,5 \cdot 2.86 \cdot 5000 = 21450 \text{ руб.}$$

Изменение штучного времени при внедрении протяжки шпоночной (новое №2) рассчитывается, как разность в штучном времени между обработкой шпоночного паза при помощи фрезы и шпоночной протяжкой. Рассчитаем основное время, затрачиваемое на процесс обработки шпоночной протяжки. Шпоночная протяжка применяется для деталей А, В и Г.

Исходные данные для расчёта указаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Исходные данные.

Деталь	Ширина шпоночного паза	Длина паза	Подача на зуб	Число проходов, i	
				фрезой	Шпоночной протяжкой
А	25	170	0,05	2	1
В	25	140	0,05	2	1
Г	22	150	0,05	2	1

Скорость резания при нарезании резьбы рассчитывается по формуле [4]:
для детали А

$$V_{РЕЗ}^{А} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000};$$

$$V_{РЕЗ}^{А} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 0,05}{1000} = 4,5 \text{ м/мин.}$$

Для детали Б и В считаем аналогично.

$$V_{РЕЗ}^{Б} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 40}{1000} = 1.5 \text{ м/мин.}$$

Основное время рассчитывается по формуле:

$$t_{О} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$$

По формуле рассчитывается основное время:

$$t_{О}^{А} = \frac{9 \cdot 1}{40 \cdot 1,25} = 0,18 \text{ мин.}$$

Для других деталей группы аналогично.

$$t_{О}^{Б} = \frac{10 \cdot 1}{40 \cdot 1,5} = 0,17 \text{ мин;}$$

Расчёт вспомогательного времени выполняется по рекомендациям [7]. Результаты расчёта приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчёт вспомогательного времени для деталей А, В и Г при обработке шпоночного паза

Инструмент	Вспомогательное время, мин.					
	Установка и снятие детали	Связанное с переходом	Смена инструмента	Изменение подачи	Контрольные измерения	Всего на переход, $t_{ВСП}^{А,В,Г}$
Фреза	0,9	5,4	0,07	0,08	0,1	6,63
Протяжка шпоночная	0,17	0,08	0,06	0,05	0,1	0,53

По формуле определяется норма штучного времени и её изменение:

$$t_{ШТ,РЕЗ.}^{А,В,Г} = (0,17 + 0,76 \cdot 6,63) \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right) = 5,636 \text{ мин;}$$

$$t_{ШТ,ПР}^{А,В,Г} = (0{,}17 + 0{,}76 \cdot 0{,}53) \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right) = 0{,}619 \text{ мин};$$

$$\Delta t_{ШТ}^{А,В,Г} = t_{ШТ,ФРЕЗ}^{А,В,Г} - t_{ШТ,ПР}^{А,В,Г} = 5{,}636 - 0{,}619 = 5.017 \text{ мин}.$$

Себестоимость минуты работы станка и рабочего берётся по факту и составляет $a = 1{,}5$ руб. Тогда изменение в себестоимости обработки деталей А, В и Г за счет применения шпоночной протяжки будет равно:

$$\Delta C_{ШТ}^{N} = a \cdot \Delta t_{ШТ}^{N} \cdot N_N;$$

$$\Delta C_{ШТ}^{А,В} = 1{,}5 \cdot 5.017 \cdot 10000 = 82780{,}5 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{Г} = 1{,}5 \cdot 5.017 \cdot 5000 = 37627{,}5 \text{ руб.}$$

Изменение штучного времени при внедрении контрольного приспособления рассчитывается как разность в штучном времени между контролем биения вручную и с использованием приспособления.

Время контроля вручную берётся по факту и составляет $t_{ШТ,РУЧ} = 0{,}33$ мин.

При контроле с использованием приспособления время контроля биения для деталей А, Б, В, Г:

$$t_{ШТ,ПРС} = 0{,}12 \text{ мин}.$$

Изменение штучного времени при использовании контрольного приспособления (новое №3) определяется по формуле:

$$\Delta t_{ШТ}^{N,НЗ} = t_{ШТ,РУЧ}^{N} - t_{ШТ,ПРС}^{N};$$

$$\Delta t_{ШТ}^{N,НЗ} = 0{,}33 - 0{,}12 = 0{,}21 \text{ мин}.$$

Изменение в себестоимости обработки детали А определяется по формуле. При этом необходимо учесть, что себестоимость минуты работы приспособления и контролёра составляет $a^{КОНТР} = 0{,}52$ руб. Тогда изменение в себестоимости будет равно:

$$\Delta C_{ШТ}^{N} = \left(a^{КОНТР} \cdot \Delta t_{ШТ}^{N,НЗ}\right) \cdot N_N, \text{ руб},$$

$$\Delta C_{ШТ}^{А} = (0{,}52 \cdot 0{,}12) \cdot 10000 = 624 \text{ руб.}$$

Изменение себестоимости детали Б и Г рассчитывается аналогично.

$$\Delta C_{ШТ}^{Б} = (0{,}52 \cdot 0{,}12) \cdot 5000 = 312 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{В} = (0{,}52 \cdot 0{,}12) \cdot 10000 = 624 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{Г} = (0{,}52 \cdot 0{,}12) \cdot 5000 = 312 \text{ руб.}$$

Посчитаем общую выгоду вследствие изменения штучного времени.

$$\Delta C_{ШТ}^{А} = 42900 + 82780{,}5 + 624 = 126304{,}5 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{Б} = 21450 + 37627{,}5 + 312 = 59389{,}5 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{В} = 42900 + 82780{,}5 + 624 = 126304{,}5 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{ШТ}^{Г} = 21450 + 37627{,}5 + 312 = 59389{,}5 \text{ руб.}$$

Таблица 6.8 – Изменение в себестоимости обработки деталей вследствие изменения штучного времени

Деталь			
А	Б	В	Г
126304,5	59389,5	126304,5	59389,5

6.2 Изменение себестоимости наладки станка

Себестоимость наладки станка изменится в результате изменения подготовительно заключительного времени.

Средний размер партии запуска деталей берётся по факту и составляет $q = 50$ шт. По формуле определяется число запусков деталей, при этом расчётное число запусков округляется до большего целого:

$$p^{А} = p^{В} = \frac{10000}{50} = 200;$$

$$p^{Б} = p^{Г} = \frac{5000}{50} = 100;$$

Время на наладку (переналадку) станка берётся по факту и составляет:

– время на наладку станка при единичной обработке $t_{Н} = 112$ мин;

– время на наладку станка для обработки последующих деталей группы по старому варианту обработки $t_{ПН}^{СТ} = 30$ мин;

– время на наладку станка для обработки последующих деталей группы по новому варианту обработки $t_{ПН}^{НОВ} = 40$ мин.

При расчёте себестоимости стоимость минуты наладки принимается равной $a^{НАЛ} = 0{,}83$ руб.

Себестоимость наладки будет равна:

– себестоимость наладки станка при единичной обработке

$$C_{Hi} = a^{НАЛ} \cdot t_{H};$$

$$C_{Hi} = 0{,}83 \cdot 112 = 92{,}96 \text{ руб};$$

– себестоимость наладки станка на обработку последующих деталей группы по старому варианту обработки

$$C_{ПНi} = a^{НАЛ} \cdot t_{ПН}^{СТ};$$

$$C_{ПНi} = 0{,}83 \cdot 30 = 24{,}9 \text{ руб};$$

– себестоимость наладки станка на обработку последующих деталей группы по новому варианту обработки

$$C_{ПНj} = a^{НАЛ} \cdot t_{ПН}^{НОВ};$$

$$C_{ПНj} = 0{,}83 \cdot 40 = 33{,}2 \text{ руб.}$$

Изменение себестоимости наладки станка для каждой детали группы рассчитывается по формуле

$$\Delta C_H^A = \Delta C_H^B = (92{,}96 - 24{,}9) \cdot 19 - \frac{92{,}96 - 33{,}2}{30000} \cdot 10000 = 1273{,}2 \text{ руб};$$

$$\Delta C_H^Б = \Delta C_H^Г = (92{,}96 - 24{,}9) \cdot 13 - \frac{92{,}96 - 33{,}2}{30000} \cdot 5000 = 871{,}8 \text{ руб};$$

6.3 Изменение в затратах на технологическую подготовку производства

Затраты на технологическую подготовку изменятся вследствие изменения трудоёмкости проектирования технологического процесса и изготовления оснастки.

Оклад инженера составляет 15000 руб. В 2017 году количество рабочих часов в месяц равно 164 ч. Время работы составило 160 ч. Итого заработная плата инженера составила

$$\frac{164}{160} \cdot 15000 = 15375 \text{ руб.}$$

Себестоимость технологической подготовки производства берётся по факту и составляет $C_{Ti} = 1909{,}09$ руб., $C_{ПТj} = 727{,}27$ руб. Составляющие затрат C_{Tj} приведены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Составляющие затрат C_{Tj}

Составляющие затрат	Величина затрат, руб.
Оснащение сверлильным приспособлением	10000
Оснащение протяжкой шпоночной	6000
Оснащение контрольным приспособлением	3000
Заработная плата ИТР	15375
Всего	34375

Изменение в затратах на технологическую подготовку производства для каждой детали рассчитывается по формуле

$$\Delta C_T^{А} = \Delta C_T^{Г} = 1909{,}09 - 727{,}27 - \frac{34375 - 727{,}27}{30000} \cdot 10000 = -10018{,}18 \text{ руб};$$

$$\Delta C_T^{Б} = \Delta C_T^{В} = 1909{,}09 - 727{,}27 - \frac{34375 - 727{,}27}{30000} \cdot 5000 = -4426{,}08 \text{ руб};$$

6.4 Экономия себестоимости перевода деталей на групповую обработку

Экономия себестоимости перевода детали каждого наименования на групповую обработку рассчитывается по формуле

$$\Delta C^{А} = \Delta C^{В} = 12630{,}45 + 1273{,}2 - 10018{,}18 = 11755{,}52 \text{ руб};$$

$$\Delta C^{Б} = \Delta C^{Г} = 5938{,}5 + 871{,}8 - 4426{,}08 = 5583{,}22 \text{ руб};$$

Общая экономия по всей группе определяется по формуле

$$\Delta C^{ГР} = 11755{,}52 + 5583{,}22 + 11755{,}52 + 5583{,}22 = 34678{,}46 \text{ руб}.$$

Исходя из того, что экономия за год составит 346789,46 руб, суммарные издержки на разработку – 34375руб, можно рассчитать срок окупаемости.

Срок окупаемости проекта (количество лет) рассчитывается по формуле [23]

$$Т_{ОК} = \frac{К}{Э_Г},$$

где К – величина капитальных затрат, К=34375руб;

$Э_Г$ – годовая экономия, $Э_Г$ = 346789,46 руб.

Подставив значения, получим срок окупаемости

$$Т_{ОК} = \frac{34375}{346789,46} = 0,09 \text{ года.}$$

Выводы по разделу шесть

В результате расчетов определения экономического эффекта от перевода деталей на групповую обработку, общая экономия по всей группе составила 346789,46 рублей со сроком окупаемости 0,09 года, следовательно, для данной группы деталей выгодна групповая обработка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы был разработан участок групповой обработки деталей типа «Муфта».

Проведен анализ исходных данных и сравнение отечественных и зарубежных технологий. Из четырех деталей выбрана деталь с большим количеством поверхностей, она является базовой деталью группы. В данном случае это деталь А. Для этой детали составлен размерный анализ с целью определения оптимального размера заготовки и межоперационных размеров. В качестве заготовки выбрана поковка. Сформированы операции и назначены режимы резания, пронормированы технологические операции, разработан технологический процесс. После чего нормируем каждую операцию.

В конструкторском разделе разработано сверлильное приспособление, приспособление для контроля радиального биения и протяжка шпоночная.

В строительном разделе спроектирован участок с оптимальным расположением оборудования. Произведен расчет необходимого количества основных и вспомогательных рабочих. Определено количество подъемно-транспортного оборудования. Рассчитана производственная площадь. Определены форма и размер здания.

В разделе безопасности жизнедеятельности разработаны мероприятия по снятию психологических нагрузок, произведен расчет естественного освещения, а также рассмотрены мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

В экономическом разделе выполнены расчеты экономического эффекта от перевода деталей на групповую обработку, общая экономия по всей группе составила 346789,46 рублей со сроком окупаемости 0,09 года.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендуется использовать при изготовлении детали типа «Муфта».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Справочник технолога–машиностроителя: в 2 т. /А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г.Косилова; под ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение-1, 2001. – Т.1. – 910с.

2 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. /А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г.Косилова; под ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение–1, 2001. – Т.2. – 941с.

3 Матвеев, В.В. Размерный анализ технологических процессов /В.В. Матвеев, М.М.Тверской, Ф.И.Бойков. – М.:Машиностроение, 1980. – 592с

4 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справ. / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 400с.

5 Режимы резания металлов: справ. / под ред. Ю.В. Барановского. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 408с.

6 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансёров. –4-е изд. – М. –Л.: Машиностроение, 1975. – 656с.

7 Расчёт и проектирование станочных приспособлений: учеб. пособие / С.Г. Чинёнов, Т.П. Чинёнова, М.В. Губин, В.В. Ворона. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 78с.

8 Зависляк, Н. И. Современные приспособления к металлорежущим станкам: учеб. пособие /Н. И. Зависляк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1967. – 356 с.

9 Ванин, В.А. Приспособления для металлорежущих станков: учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров.– Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2007. – 316с.

10 Проектирование станочных приспособлений: метод. пособие/ Б.В. Шандров, И.А. Булавин, А.Ю. Груздев. – 2-е изд.- М.: МГТУ МАМИ, 2009.- 40с.

Кишуров, В.М. Курсовое проектирование режущего инструмента в машиностроении: учеб. пособие/ В.М. Кишуров, П.П. Черников. – М.: Изд-во МАИ, 2006. – 159с.

11 Проектирование машиностроительных производств: учеб.пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков, А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2008. – 200с.

12 Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2 кн. / С.П. Митрофанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – 407 с.

13 Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2 кн. / С.П. Митрофанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.; Машиностроение, 1983. – Т. 2. – 432 с.