МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский институт)
Политехнический институт
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
_____2017 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Корпус подшипника»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.05.2017.451.ПЗ ВКР

Нормоконтролёр
_____ В.А. Выбойщик
_____
_____2017 г.

Руководитель, к.т.н., доцент
_____ В.Л. Кулыгин
_____2017 г.

Автор работы,
студентка группы П-451
_____ А.А. Семёнова
_____2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Семёнова А.А. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Корпус подшипника»: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2017. – 167 с., 77 ил., 17 табл., библиографический список – 16 наименований, 6 листов чертежей ф. А1, 2 листа чертежей ф.А.2, 2 листа чертежей ф. А3, 1 лист ф. А4.

В записке описан подшипниковый узел, в состав которого входит деталь «корпус подшипника». Для данной детали написаны служебное назначение, условия эксплуатации и технические требования, предъявляемые к ней. Проведено сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для заготовок из отливок. Сформированы цели и задачи выпускной квалификационной работы, проанализирован заводской технологический процесс и спроектирован новый. Выбраны: технологическое оборудование, технологическая оснастка, режущий инструмент и измерительное оборудование. Спроектирован и рассчитан режущий инструмент.

Спроектирован комплекс ГПС на основе произведённого расчёта и выбранного состава оборудования. Произведено проектирование схемы планировки оборудования и систем ГПС как единого производственного комплекса для нового варианта технологического процесса.

А так же рассмотрены мероприятия по созданию безопасных условий труда.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ 12
1.1 Назначение, условие эксплуатации и описание подшипникового узла 12
1.2 Служебное назначение детали «корпус подшипника» и технические требования, предъявляемые к ней 12
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных литейных технологий 15
1.4 Формирование целей и задач выпускной квалификационной работы 20
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 21
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего технологического процесса 21
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса 21
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента 21
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса 25
2.1.4 Выводы по разделу 27
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «корпус подшипника» 28
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки 28
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования. 31
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта 36
2.2.4 Размерно – точностной анализ проектного варианта технологического процесса 39
2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса 42

2.2.5.1 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса 42
2.2.5.2 Расчёт норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса 108
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ 117
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки 117
3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента. 120
3.3 Проектирование расточной оправки 128
3.4 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля 134
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА 139
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали 139
4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций 139
4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС 139
4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки 140
4.1.4 Габаритные размеры детали 140
4.1.5 Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом 140
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка 140
4.2.1. Определение основных характеристик стеллажа-накопителя 141
4.2.2 Расчёт числа позиций загрузки и разгрузки 142
4.2.3 Расчёт числа позиций контроля 143
4.2.4 Проектирование предварительной компоновки ГПС 144
4.2.5 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС 150
4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы 151

4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе 155
4.5 Анализ производительности автоматизированной системы 156
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ 157
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА 159
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда 159
6.2 Мероприятия по электробезопасности 161
6.3 Мероприятия по пожарной безопасности..... 162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 164
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 166

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью отрасли технологии машиностроения в наше время является то, что она опирается на работы, которые ведутся в учебных заведениях и на заводских предприятиях.

В результате полученных данных от учёных и передовых рабочих производств при работе на металлорежущих станках применяются оптимальные режимы резания, подходящая геометрия инструмента, разрабатываются рациональные технологические процессы. На основе этого повышается производительность труда.

Для достижения высокого уровня производительности необходимо обеспечить высокий темп развития технического прогресса и ускорить его внедрение в машиностроение.

Перед машиностроением поставлена задача в повышении качества выпускаемых изделий и технико-экономических показателей.

Предметом исследования в технологии машиностроении являются:

- выбор заготовок;
- виды обработки;
- качество и точность обрабатываемых поверхностей;
- способа базирования заготовок;
- процессы сборки;

Основным направлением развития современной технологии является переход от прерывистых технологически процессов к непрерывным автоматизированным. Которые обеспечивают повышение качества изделий, увеличение масштаба производства с безотходной технологии, создание гибких производственных систем с большим применением роботов и роботизированных технологических комплексов в машиностроении.

Машиностроение в России развивается достаточно быстрыми темпами, однако, этого не хватает, для того, чтобы отвечать требованиям, предъявляемым к конечной продукции, чтобы оставаться конкурентоспособными на современном рынке.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условие эксплуатации и описание подшипникового узла

Подшипниковый узел – предназначен для восприятия веса вала и сил, возникающих при его вращении.

На рисунке 1.1 подшипниковый узел представляет собой конструкцию из корпуса (1), который выполнен с каналами для подвода масла (4) к опорному гидравлическому подшипнику (3), крышки (2), закрепительной втулки (7), уплотнительных колец (5), торцевой крышки (8), датчиков вибрации и температуры (6).

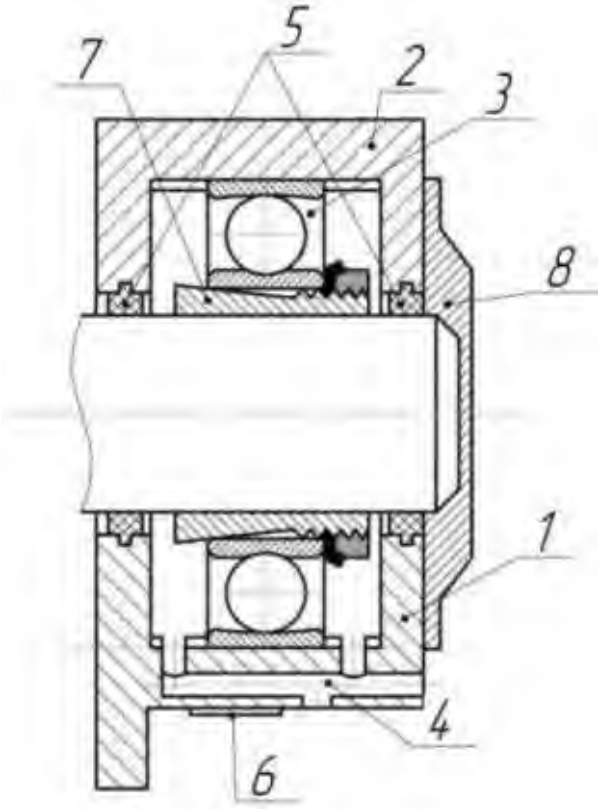

Рисунок 1.1 – Подшипниковый узел

1.2 Служебное назначение детали «корпус подшипника» и технические требования, предъявляемые к ней

Основным назначением детали «корпус подшипника» (рисунок 1.2) является позиционирование в нем составляющих деталей и сборочных единиц, точность относительного положения которых должна обеспечиваться как в статике, так и в процессе работы подшипника под нагрузкой. Так же при помощи данной детали происходит крепление подшипникового узла к корпусу насоса.

«Корпус подшипника» служит для удержания в самом подшипнике смазочных материалов и защищает внутренние части механизма от попадания грязи и пыли.

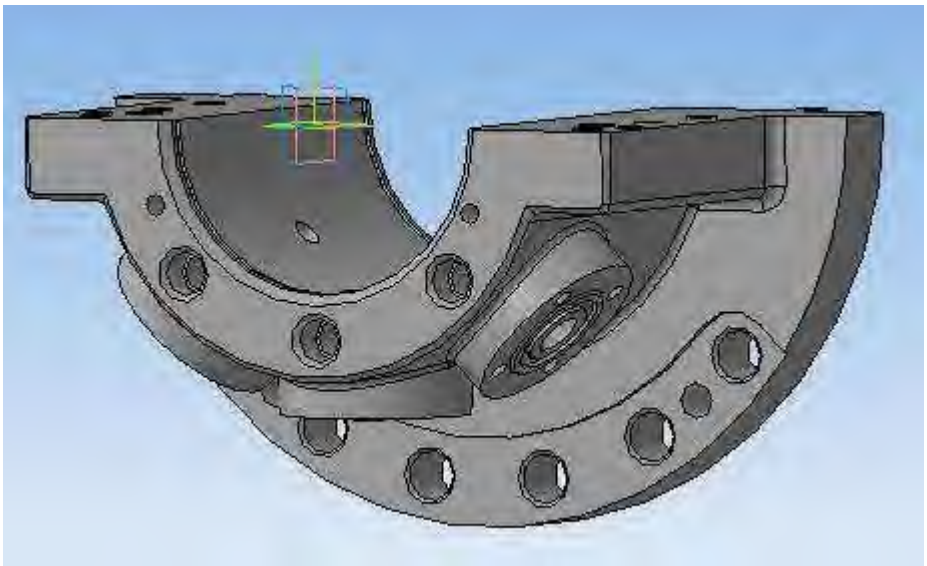

Рисунок 1.2 – 3D деталь «корпус подшипника»

При изготовлении корпусных деталей необходимо рассматривать комплекс технологических задач, учитывающих особенности обработки плоских поверхностей и их различных сочетаний. При этом точность обработки плоских поверхностей определяется следующими основными показателями:

– параллельность отдельных поверхностей между собой;

– точность расположения поверхностей под требуемыми углами;

– точность расстояний между отдельными поверхностями;

– чистота обработки поверхностей;

– качество поверхностного слоя, его способностью сохранять точность и износоустойчивость в процессе эксплуатации.

Также к детали предъявлен ряд других показателей, таких как:

– позиционный допуск расположения отверстий;

– точность диаметров отверстий на плоскости детали, по которой происходит соединение с крышкой подшипника.

Технические требования, предъявляемые к детали «корпус подшипника»:

1. Отливка 2-й группы по ГОСТ 977-88. Категория точности – К20;

2. Контролируемые показатели качества отливки по ГОСТ 977-88. Точность отливки 12-0-0-12 ГОСТ Р 53464-2009;

3. Допускается замена материала на сталь 20Г Л ГОСТ 21357-87 со следующими свойствами:

– химический состав: углерод 0,13-0,25%; кремний 0,15%0,70%; марганец 1,0-1,6%; никель до 1,5%; молибден, ванадий и медь до 0,3%;

– механические свойства материала KCV≥29,4 Дж/см^2;

4. До механической обработки контролировать на герметичность капиллярным методом на сквозные дефекты по технологии завода-изготовителя;

5. Термическая обработка по технологии завода-изготовителя отливки;

6. Сварные швы выполнить механизированной сваркой, плавящимся электродом в среде активных газов и смесях МП;

7. Сварные материалы Св-08Г2С Ø1,2 по ГОСТ 2246-70. Допускается замена на импортные аналоги типа ER70S-6 по SFA/AWS A5.18. Сварочная смесь Ar82%+ $CO_2$18%;

8. Контроль качества сварных соединений производить капиллярным методом в объёме – 100%. Класс чувствительности III по ГОСТ 18442-80. Технические требования – в соответствии с РД-23.080.00-КТН-051-13. Трещины не допускаются.

9. Неуказанные литейные радиусы 10^{+5}мм. Формовочные уклоны по ГОСТ 3112-92;

10. Шероховатость литых поверхностей $\sqrt{\mathrm{Ra80}}$;

11. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002 H14, h14, $\pm\frac{\mathrm{IT14}}{2}$;

12. Обработку по размерам в квадратных скобках и поверхности Н (в размер П) произвести совместно с деталью «Крышка подшипника» после приварки пробки, становив штифты. Детали маркировать одним порядковым номером и применят совместно;

13. Несовпадение оси расточки с плоскостью разъема не более 0,5 мм;

14. ** Размеры обеспечить инструментом;

15. Неуказанная шероховатость механически обрабатываемых поверхностей поз. 2 - $\sqrt{\text{Ra}12{,}5}$;

16. Острые кромки притупить R1 max;

17. Внешний контур фланца корпуса по разъему должен совпадать с контуром фланца крышки;

18. Допускается отклонение не более 1,5 мм;

19. Плоскость основного разъёма М контролировать:

- внешним осмотром на отсутствие внешних дефектов;

- капилярным методом – класса чувствительности II по ГОСТ 18442-80;

20. Технические требования - в соответствии с РД-23,080,00-КТН-051-13. Трещины не допускаются. Площадь контроля – 0,05 $м^2$;

21. Оценку качества поверхностей и исправлений, выявленных дефектов производить по инструкции предприятия-изготовителя;

22. Маркировать обозначение чертежа, марку материала, номер плавки шрифтом 5-Пр3 ГОСТ 26.008-85;

23. Клеймить знак ОТК.

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных литейных технологий

Основной заготовительной базой машиностроительного комплекса в России является литейное производство. Его развитие зависит от темпов развития машиностроения в целом. Сегодня на территории России насчитывается около 1650 единиц действующих литейных заводов и цехов. В 2006 году, по экспертной оценке, в России произвели 7,98 млн. тонн отливок, когда в 1980 году в СССР объем производства отливок составил 25,8 млн. тонн. В настоящее время процесс сокращения производства отливок прекратился, в связи с этим, целесообразно обратить внимание на тенденции развития технологии литья [1, с.17].

В России широко используется традиционное литье в песчано-глинистые формы, литье в кокиль и литье по выплавляемым моделям.

В это время за рубежом набирают популярность аддитивные технологии. В отечественной нормативной документации определение аддитивные технологии

пока не даны. Поэтому воспользуемся зарубежными источниками. Организация ASTM International (American Society for Testing and Materials), которая занимается разработкой технических стандартов для широкого спектра изделий, материалов, услуг и систем. В своём стандарте ASTM F2792.1549323-1 определяет аддитивные технологии так: это процесс соединения материала с целью создания объекта из данных 3D модели, как правило, слой за слоем, в отличии от «вычитающих» производственных технологий.

Под «вычитающими» технологиями здесь подразумевается механообработка, то есть удаление материала с заготовки.

Этапы создание деталей по аддитивным технологиям представлена на рисунке 1.3.

Рисунок 1.3 – Этапы создание детали по аддитивной технологии

Устоявшейся классификации аддитивных технологий как в международном сообществе, так и в России пока что нет. Различные авторы условно подразделяют их:

- по применяемым модельным или строительным материалам (сыпучие, жидкие, металлопорошковые, полимерные, и т. д.);

- по отсутствию или наличию лазера;

- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью облучения ультрафиолетовым или видимым светом, теплового воздействия, посредством связующего состава и т. д.);

- по методам формирования слоя.

По методам формирования слоя различают 2 вида аддитивных технологий:

1. Селективное лазерное спекание;

2. Непосредственное (прямое) осаждение материала.

Первый вид на английском языке называется «Bed Deposition». Предполагается, что есть некая платформа – bed (в переводе с английского – постель), на которой первоначально формируют слой, то есть дозу порошкового материала насыпают на рабочую платформу и с помощью ролика или «ножа» разравнивают порошок, создавая ровный слой материала определённой толщины. Далее выборочно обрабатывают порошок в сформированном слое лазером, сплавляя/склеивая частички порошка в соответствии с текущим сечением исходной CAD-модели. При этом в созданном слое часть порошка остаётся не тронутой (рисунок 1.4).

Рисунок 1.4 – Технология селективного лазерного спекания

По рисунку видно, что системой зеркал лазерное излучение переносится в плоскость построения, где платформа построения по мере формирования слоя опускается и лазерное излучение формирует слой связного материала уже из нового созданного слоя порошка.

Второй вид аддитивных технологий «Direct Deposition» (рисунок 1.5), что в переводе на русский означает «прямое или непосредственное осаждение (материала)». Здесь, в отличии от первого вида, не формируется слой строительного материала. Материал подаётся в конкретное место, куда в данный момент времени подводится энергия и где происходит построение фрагмента детали. То есть как единым целым перемещаются лазерное излучение и порошковый материал.

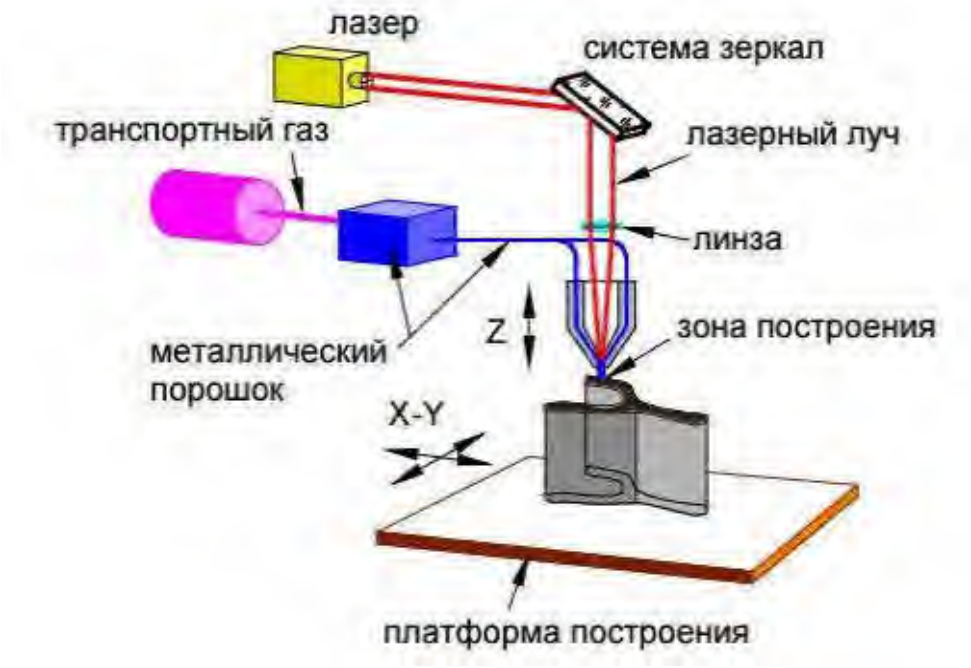

Рисунок 1.5 – Технология прямого осаждения материала

В случае, если применяются не самофлюсующиеся порошки, то процесс «выращивания» проводят одновременно с подачей инертного газа (аргон, гелий) для защиты материала от окисления на воздухе. В данном случае газ играет роль не только транспортного, но и защитного. Вариант коаксиальной подачи защитного газа изображён на рисунке 1.5. В обоих случаях итоговая деталь получается послойным сплавлением/склеиванием частичек порошка в соответствии с требуемым сечением 3D-модели [2, с.17-23].

Особенности аддитивных технологий:

- значительная экономия средств при запуске производства (данные, необходимые для запуска производства, могут храниться в цифровом виде, и воспроизводится без материальных затрат;

- возможность внести поправки на любом этапе скорректировав CAD-файл;

- быстрая адаптация к постоянно меняющимся условиям на рынке - размер партии можно легко поменять в любую минуту в зависимости от повышения или снижения спроса;

- аддитивные технологии позволяют печатать партии, в которых каждый предмет немного отличается от предыдущего, что позволяет создавать производственные линии персонализированных товаров;

- доступность и отсутствие привычных ограничений.

Из металлических порошков «выращивают» различные сложные по конфигурации детали, специальные инструменты, заготовки пресс-форм, которые трудно получить другими способами.

На сегодняшний день в России небольшое количество предприятий, применяющих аддитивные технологии. У данных предприятий в наличии имеется один, два 3D принтера, с помощью которого можно вырастить несложные детали. Это обусловлено тем, что для обслуживания высокотехнологичного оборудования требуется высококвалифицированный специально обученный персонал и само такое оборудование, которое стоит дорого. Далеко не каждое предприятие может себе это позволить.

Основными проблемами внедрения аддитивных технологий в российское производство являются:

1. Высококвалифицированные кадры;
2. 3D-машины;
3. Высококлассное аддитивное оборудование;
4. Материалы;

Все вышеперечисленные проблемы могут быть решены только при целенаправленном взаимодействии отраслевой науки, высшей школы и поддержки государства [3, с. 30-32].

1.4 Формирование целей и задач выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «корпус подшипника», отличающегося по ряду конструкторских и технологических показателей от заводского.

Задачами работы являются:

- в условиях серийного конкурентоспособного производства спроектировать новый технологический процесс изготовления детали «корпус подшипника»;
- выбрать технологическую оснастку;
- выбрать режущий инструмент;
- спроектировать и рассчитать применяемый режущий инструмент;
- спроектировать операции технического контроля и выбрать измерительное оборудование;
- провести анализ возможности автоматизации технологического процесса обработки детали;
- разработать структурную схему гибкого производственного участка;
- выбрать оборудование для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы);
- указать базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе;
- разработать планировку участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса;
- указать мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда;
- указать мероприятия по электробезопасности и пожарной безопасности.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего технологического процесса

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Операционные карты заводского технологического процесса не соответствуют ГОСТ 3.1402-84, потому что вся технологическая документация на предприятии ЗАО «КОНАР» выполнена в соответствии с внутренним стандартом предприятия.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

На 010 фрезерной операции с ЧПУ осуществляется фрезерование плоскости заготовки, габаритных размеров, сверление отверстия под резьбу и нарезание резьбы. Эскиз 010 фрезерной операции с ЧПУ представлен на рисунке 2.1.

Комплект баз: установочная, опорная, двойная опорная.

Станочные приспособления: вильчатые прихваты.

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-3-500-0,1 ГОСТ 166-89; штангенглубиномер ШГ-630-0,05 ГОСТ 162-90; линейка проверочная ШД-1-4-400 ГОСТ 8026-92; штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-89; калибр пробка М20-6Н Пр-Не; образцы шероховатости.

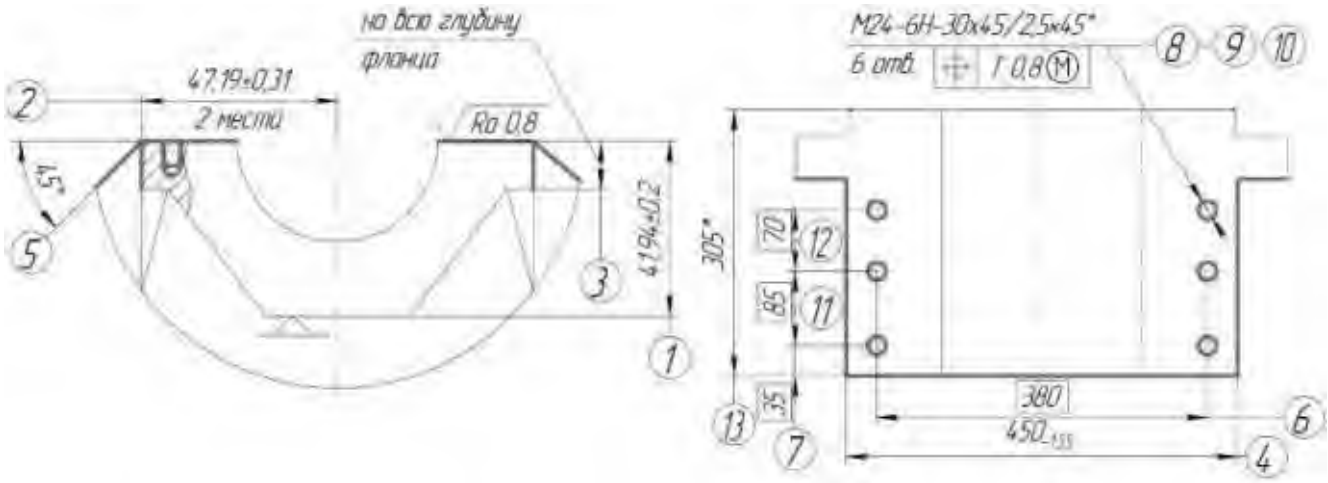

Рисунок 2.1 – Эскиз 010 фрезерной операции с ЧПУ

Применяемый станок: фрезерный обрабатывающий портальный центр «WELE 212».

Режущий инструмент: фреза AHX640S-125BO8AR (Ø125) со сменными пластинами NNMU200708ZEN-MP VP15TF, либо с пластинами WNEU2007ZEN7CWP VP15TF; сверло Ø17,5 1534SU03C-1750 KDG303; метчик M24-6H EV10211.314; фреза Ø50; фреза TFM90AN 663-22R16 (Ø63) со сменными пластинами ANHX160708R-SML TT9080; фреза Ø12x45° - CV2-120-075 45°.

На 035 фрезерной операции с ЧПУ корпус подшипника обрабатывается в сборе с крышкой, происходит штифтование и наносится маркировка. Эскиз 035 фрезерной с ЧПУ операции представлен на рисунке 2.2.

Комплект баз: установочная, опорная, двойная опорная.

Станочные приспособления: вильчатые прихваты.

Мерительный инструмент: нет.

Применяемый станок: фрезерный обрабатывающий портальный центр «WELE 212».

Режущий инструмент: сверло Ø25-25U4552500 со сменными пластинами S0GX080308-01; развёртка DIN 2180.

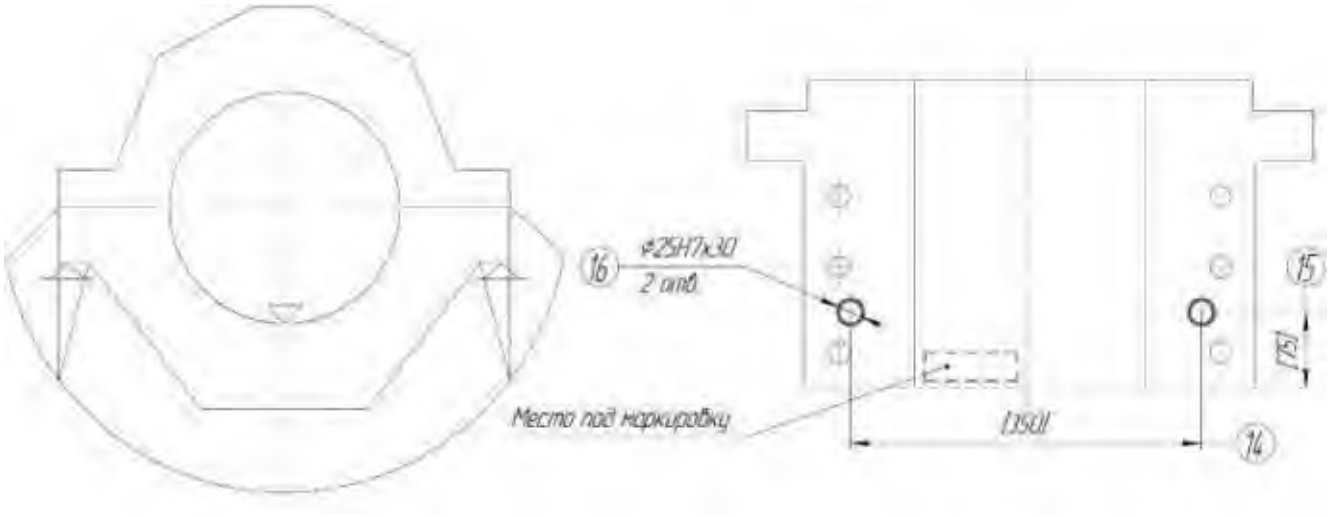

Рисунок 2.2 – Эскиз 035 фрезерной операции с ЧПУ

На 055 фрезерной с ЧПУ операции обрабатываются внутренние поверхности корпуса и крышки подшипника. Эскиз данной операции представлен на рисунке 2.3.

Комплект баз: установочная, опорная, двойная опорная.

Станочные приспособления: вильчатые прихваты.

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-2-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Применяемый станок: фрезерный обрабатывающий портальный центр «WELE 212».

Режущий инструмент: фреза TFM90AN 663-22R16 (Ø63) со сменными пластинами ANHX160708R-SML TT9080.

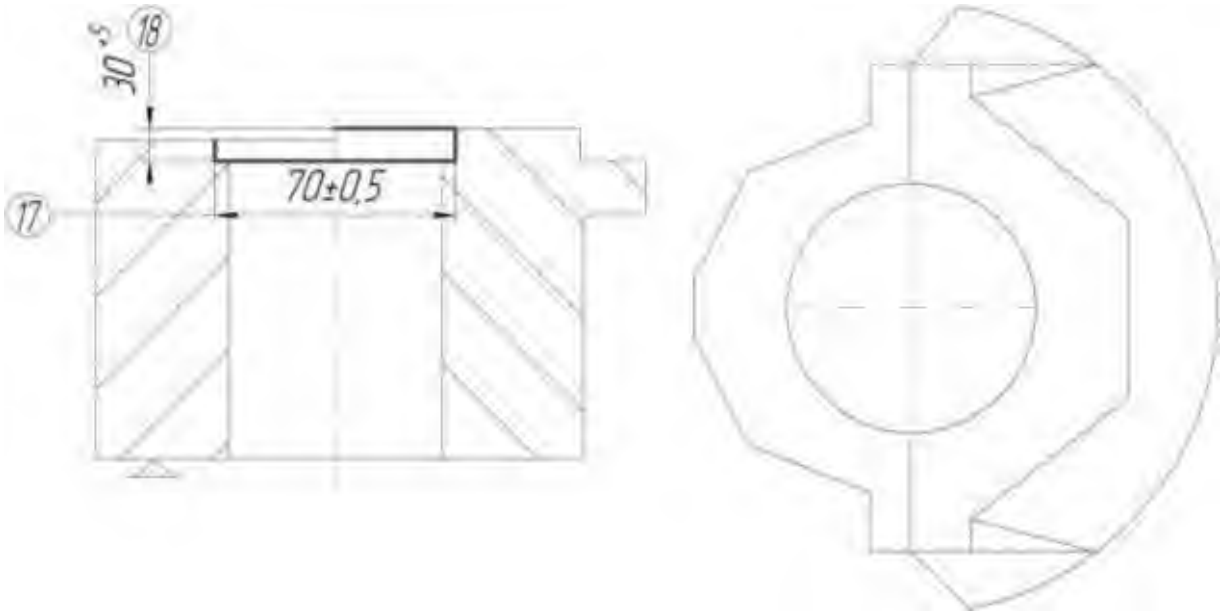

Рисунок 2.3 – Эскиз 055 фрезерной операции с ЧПУ

На 070 токарной операции с ЧПУ растачиваются внутренние поверхности корпуса и крышки подшипника и сверлятся торцевые отверстия. Эскиз 070 фрезерной операции представлен на рисунке 2.4.

Комплект баз: опорная, двойная направляющая.

Станочные приспособления: четырех кулачковый патрон

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-3-500-0,1 ГОСТ 166-89; нутрометр НИ 160-260-1 ГОСТ 868-82; штангенглубиномер ШГ-250-0,05 ГОСТ 162-90; штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-89; калибр Пр-Не(концевые меры длины).

Применяемый станок: вертикальный токарно-карусельный станок «Pietro Carnaghi».

Режущий инструмент: резец проходной C8-DCLNL-55080-16 со сменными пластинами CNMG 1606 12-PM4215; резец расточной черновой C8-DCLNL-55080-25 со сменными пластинами CNMG 2509 24-PM4225;резец расточной чистовой со сменными пластинами CNMG 1506 12-PM4225, сверло U10 73400 со сменными пластинами W8344010.088425; сверло Ø24 U10 72400 со сменными пластинами W83 23210.088430; фреза Ø32 TE90AN 332-W32-11 со сменными пластинами ANHX 110616R-M TT9080.

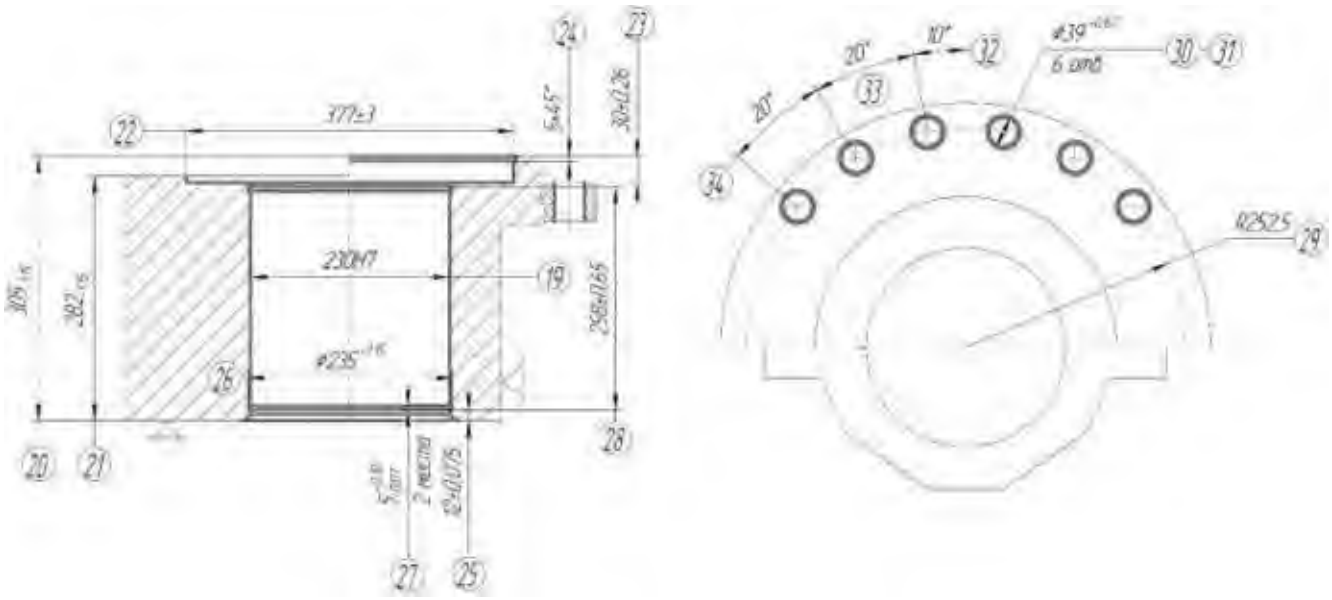

Рисунок 2.4 – Эскиз 070 токарной операции с ЧПУ

На 095 фрезерной операции с ЧПУ сверлятся отверстия для подвода масла. Эскиз 095 фрезерной операции представлен на рисунке 2.5.

Комплект баз: установочная, опорная, двойная опорная.

Станочные приспособления: вильчатые прихваты.

Мерительный инструмент: калибр пробка М4-7Н Пр-Не; штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-89; калибр пробка М20-6Н; штангенглубиномер ШГ-250-0,05 ГОСТ 162-90.

Применяемый станок: фрезерный обрабатывающий портальный центр «WELE 421».

Режущий инструмент: фреза ASX445-050A04R со сменными пластинами SEMT 13T 3AGSN-JH VP 30RT; фреза TE90AN 333-32-11-L со сменными пластинами ANHX110616R-M NN9080; фреза Ø12x45° - CV2-120-075 45; сверло

HI1753-2438-47GW25 со сменными пластинами PI20 AK20; фреза MSJHDD 0500; сверло 1534SU03-1020 KDG303; метчик M12x1,75 EV10211240; сверло MD/HM K20 9010-44976; метчик M4x0,7 HSSE-V 3153-69414; сверло к/х ф18.0 (116340) Garant.

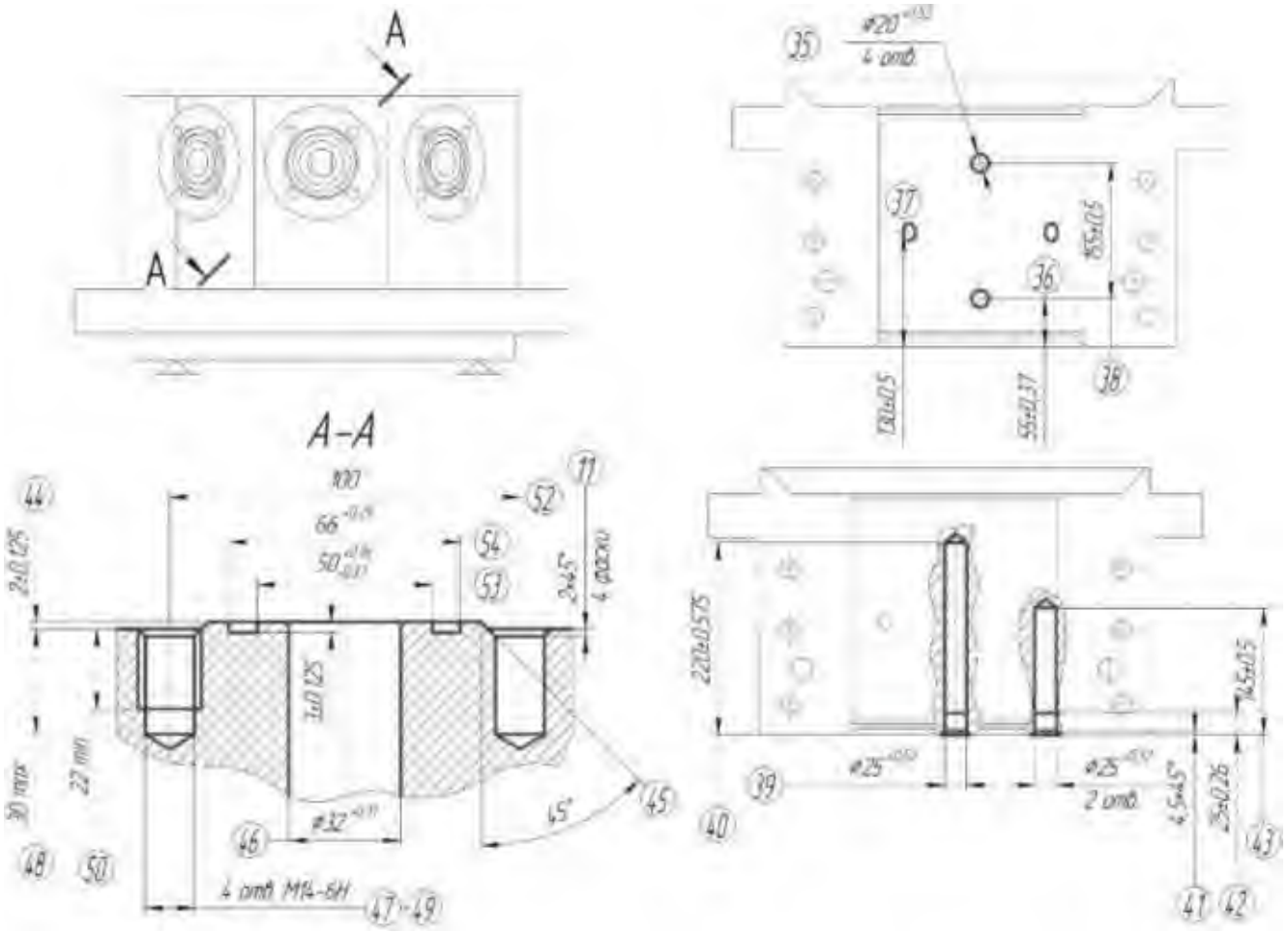

Рисунок 2.5 – Эскиз 095 фрезерной операции с ЧПУ

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

С целью расчёта припусков, замыкающих звеньев и возможности выявления и устранения брака при отрицательных припусках проведём проверочный размерный анализ действующего технологического процесса.

Размерный анализ кроме расчёта операционных цепей охватывает комплекс технологических расчётов. Так на стадии проектирования необходимо стремиться к экономии металла и материальных затрат. Это можно достичь за счёт уменьшения трудоёмкости изготовления детали, износа размеров и снижения брака.

Размерная цепь базового технологического процесса корпуса подшипника представлена на рисунке 2.6.

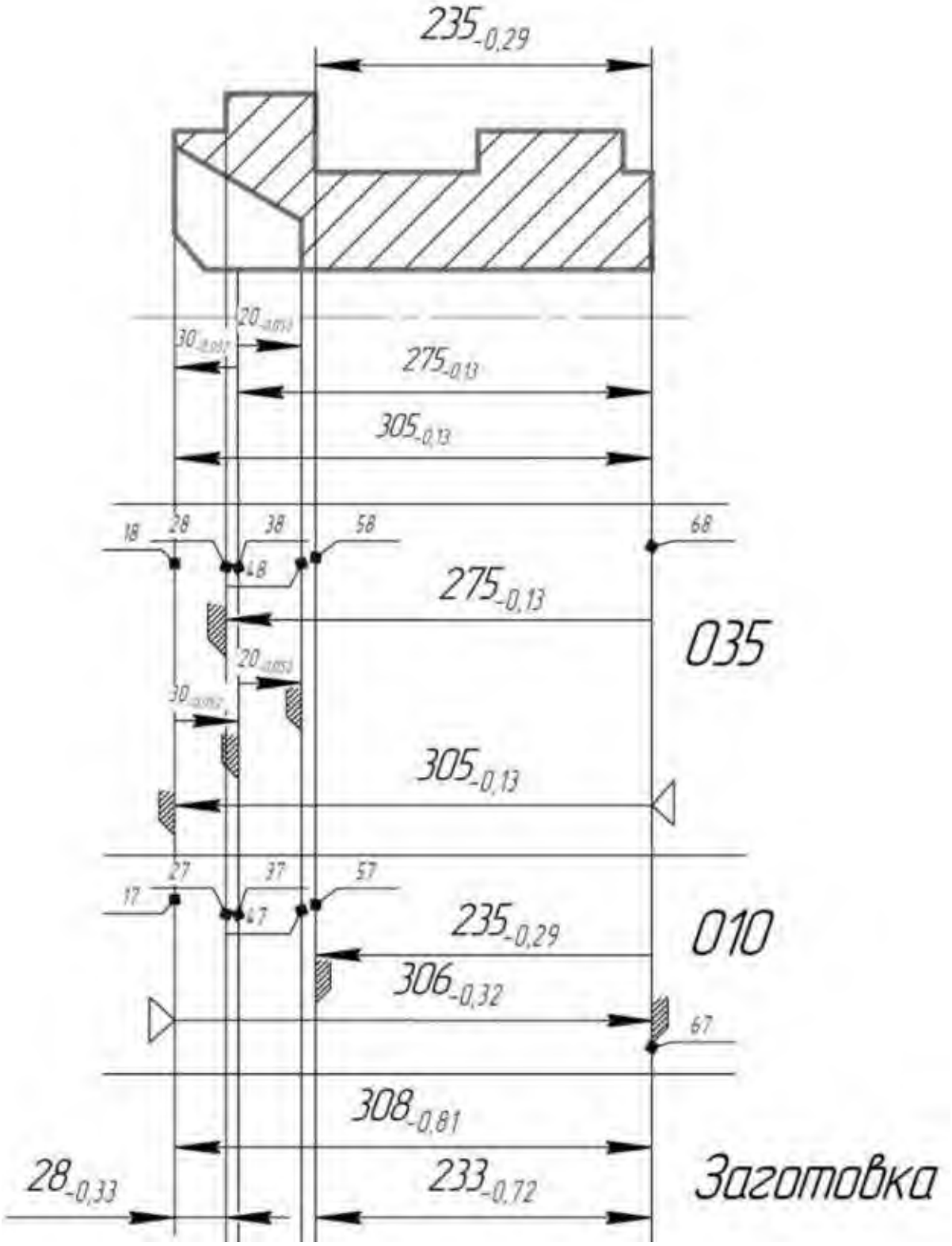

Рисунок 2.6 – Размерная цепь действующего технологического процесса

При данных операциях шероховатость (Rz) =80 мкм, а величина дефектного слоя (Df)=120 мкм.

Минимальный припуск (z_{min}) на обработку определяется:

$$z_{min}=Rz+Df \quad (2.1)$$

$$z_{min}=80+120=200 \text{ мкм}=0,2 \text{ мм}$$

[17…18]= − (18…68) + (68…17)=$306_{-0,32}$ – $305_{-0,13}$=$1^{+0,13}_{-0,32}$ мм

$[17…18]_{min}$=1−0,32=0,68 мм

0,68мм >0,2 мм брака нет.

[67…68]= −(68…17) + (17…67)=-$306_{-0,32}$ + $308_{-0,81}$=$2^{+0,32}_{-0,81}$ мм

$[67…68]_{min}$=2 − 0,81=1,19 мм

1,19мм >0,2 мм брака нет.

[37…38]; [47…48] – припуска нет, есть только напуск.

[57…58]= +(58…68)+(68…67)−(67…57)=+$235_{-0,29}$+$2^{+0,32}_{-0,81}$-$233_{-0,72}$=$2^{+1,04}_{-1,1}$ мм

$[57…58]_{min}$=2−1,1=0,9 мм

0,9мм >0,2 мм брака нет.

В результате размерного анализа можно сделать вывод, что припуски назначены правильно и все размеры выполняются.

2.1.4 Выводы по разделу

В базовом технологическом процессе заготовка детали поступает на завод в виде поковки. Заготовка в виде поковки имеет более низкую шероховатость, чем у заготовок из литья, но большую волнистость, а также повышенную твёрдость верхнего слоя (корка). Что оказывает влияние на быстрый износ инструмента.

Технологическая оснастка, станочные приспособления, контрольные приспособления в данном технологическом процессе используются стандартные – это эффективно для любых типов производств.

Размерный анализ показал, что все размеры выполняются и припуски назначены правильно.

Действующий технологически процесс можно усовершенствовать, заменив способ получения исходной заготовки. Так в качестве исходной заготовки можно использовать литье по газифицированным моделям. Себестоимость литья по газифицированным моделям равна по себестоимости с литьём в землю.

В механической обработке можно объединить 055 фрезерную операцию с 070 токарной операцией. В результате этого уменьшится количество операций, время обработки детали и повысится производительность.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «корпус подшипника»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Для любого производства при выборе заготовки основной целью всегда является обеспечение заданного качества при её минимальной себестоимости. Себестоимость изготовления детали рассчитывается по формуле:

$$C_{изг.\ дет.} = C_{п.\ заг.} + C_{мех.\ обр} \quad (2.2)$$

где $C_{изг.\ дет.}$ – себестоимость изготовления детали;

$C_{п.\ заг.}$ – себестоимость получения заготовки;

$C_{мех.\ обр}$ – себестоимость механической обработки.

При этом необходимо понимать, что сложные методы получения заготовки удорожают заготовительное производство, но уменьшают затраты на механическую обработку. И наоборот, простые методы получения заготовок удешевляют себестоимость получения заготовок, но увеличивают на механическую обработку [4, с. 6].

Деталь «корпус подшипника» имеет большие габариты и сложную форму. Материал детали сталь 20ГЛ ГОСТ 21357-87. Поэтому в качестве исходной заготовки выбирается литье по газифицированным моделям.

Литье по газифицированным моделям является одним из перспективных технологий, позволяющим предприятию значительно снизить себестоимость готовой продукции. При этом отливки получаются высокого качества. Точность получаемых размеров может доходить до 7 квалитета, с шероховатостью Rz 40 мкм по ГОСТ Р 53464 – 2009.

Данный способ обладает рядом преимуществ:

- возможность использования любого вида металла;

- значительно уменьшается, а иногда полностью исключается формовочное, стержневое и смесеприготовительное оборудование;

- существует возможность автоматизации всего технологического процесса;

- метод является экологичным;

- снижаются до минимума отходы производства;

- происходит сокращение производственных площадей;

- невысокая квалификация рабочего;

- значительное улучшение условий труда.

В серийном производстве модели изготавливаются в две стадии из вспененного полистирола. На первой стадии до заданной насыпной массы гранулы исходного полистирола вспениваются и в течении определённого времени для созревания выдерживаются. На второй стадии происходит нагрев вспененных гранул в замкнутом объёме пресс-формы. Далее с заданными технологическими и механическими свойствами осуществляется формирование модели. Однако обе стадии включают в себя ряд операций, которые оказывают значительное влияние на формирование модели заданного качества.

Весь технологический процесс изготовление моделей по данному методу литья разделяют на 2 этапа:

1. предварительная переработка суспензионного полистирола;

2. изготовление моделей в пресс-формах.

Важной частью технологического процесса изготовления моделей является предварительная переработка гранул полистирола для вспенивания. Данный этап включает в себя следующие операции:

- классификация гранулометрического состава;

- вспенивание гранул;

- сушка;

- активизация вспененных гранул.

Каждая из приведённых операций оказывает существенное влияние на получение модели с заданными эксплуатационными свойствами. Качество модели

напрямую зависит от свойств вспененных гранул, поэтому необходимо контролировать свойства исходного полистирола.

Вспенивание гранул полистирола можно производить различными способами: в паровой ванне, горячей воде, потоке пара, электромагнитном поле высокой частоты и потоке горячего воздуха.

После вспенивания гранулы подвергаются сушке и активации. Сушка может осуществляться двумя методами:

1. в потоке тёплого воздуха при температуре 25-10°С;

2. стационарно при нормальной температуре под вытяжным зонтом.

Процесс активации гранул связан с изменением агрегатного состояния и диффузионными процессами, протекающими в объёме гранул после их вспенивания. Данный процесс происходит в течении 12 часов, после истечение этого времени пенополистирол снижает свою активность.

Технологический процесс изготовление моделей содержит в себе следующие операции:

- подготовка гранул пенополитирола;
- подготовка пресс-формы;
- заполнение пресс-формы гранулами пенополистирола;
- тепловая обработка пресс-формы;
- охлаждение пресс-формы;
- сушка модели;
- выдержка модели после сушки;
- контроль качества модели.

Данный метод позволяет получить отливки, не требующих дальнейшей механической обработки. А также возможно получить сложные по конфигурации детали, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей [5, с. 311-325].

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.

В настоящее время современное производство стремится заменить универсальные станки на станки с ЧПУ. Потому что станки с ЧПУ обладают рядом преимуществ:

- возможно осуществить обработку различных поверхностей за одну операцию;
- отсутствует необходимость в длительной переналадке станка на изготовление новой детали, для этого требуется только смена программы (и то не всегда) и оснастки (и то не всегда);
- нет необходимости в высококвалифицированных специалистах, обслуживающих станок;
- сокращаются сроки производства и перехода на новое изделие;
- возможно многостаночное обслуживание;
- можно создать ГПС.

С целью повышения эффективности и конкурентоспособности производство необходимо спроектировать автоматизированный технологический процесс изготовления детали «корпус подшипника». Достигнуть поставленную цель можно с применением многоцелевых станков.

При получении заготовки литьём по газифицированным моделям остаётся необходимым обработать некоторые наружные и внутренние поверхности и отверстия. Из этого следует, что основное технологическое оборудование должно позволять выполнять операции фрезерования, точения, растачивания, сверления, зенкерования и развёртывания. Также, при выборе оборудования необходимо учесть габариты детали корпуса подшипника и его заготовки (565x282,5 мм), чтобы деталь помещалась в рабочую зону станка. Ко всему этому нужно отметить, что деталь «корпус подшипника» на некоторых операциях обрабатывается совместно с крышкой подшипника. Поэтому для обработки данной детали возьмём три типа станка. На станках первого типа будет вестись обработка детали «корпус подшипника» до совместной обработки с деталью «крышка подшипника». На

станках второго типа будет совместная обработка деталей, а на станках третьего типа – окончательная обработка детали «корпус подшипника».

В качестве станка первого типа выбрали фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ WELE RB212 (рисунок 2.7). Основные характеристики данного станка представлены в таблице 2.1.

Рисунок 2.7 – Обрабатывающий центр с ЧПУ WELE RB212

Денный станок для высокоточной и высокопроизводительной обработки при тяжёлых условиях эксплуатации. На осях установлены жёсткие роликовые направляющие [6].

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ WELE RB212

Описание, единица измерения	Значение
Перемещение по оси X, мм	2120
Перемещение по оси Y, мм	1200
Перемещение по оси Z, мм	800
Длина стола по оси X, мм	2000
Длина стола по оси Y, мм	1100
Максимальный вес обрабатываемой детали, кг	3500

Продолжение таблицы 2.3 – Основные технические характеристики фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ WELE RB212

Размер Т-образного паза (ширина х расстояние х количество)	22 х 160 х 7
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	150-950
Расстояние между колоннами, мм	1300
Скорость вращения шпинделя, об/мин	10-6000
Скорость подачи по оси X, мм/мин	24000
Скорость подачи по оси Y, мм/мин	24000
Скорость подачи по оси Z, мм/мин	15000
Рабочая подача, мм/мин	1-10000
Емкость инструментального магазина, позиций	32
Максимальная длина инструмента, мм	400
Точность позиционирования, мм	±0,015
Длина станка, мм	5900
Ширина станка, мм	3550
Высота станка, мм	4050

Для совместной обработки корпуса и крышки подшипника выбран вертикальный токарно-карусельный станок Pietro Carnaghi ATF10 TM (рисунок 2.8).

Выбранный обрабатывающий центр спроектирован с очень компактной термо-симметричной конструкцией с одной одинарной стойкой, собранной на основании станка.

Данный станок можно укомплектовать двойной паллетной системой, вращающейся в пределах 0 - 180°, очень удобны для выставления и выверки детали на наружном столе-спутнике, в то время как внутренний стол-спутник используется для обработки другой детали [7].

Основные технические характеристики вертикального токарно-карусельного станка Pietro Carnaghi ATF10 TM приведены в таблице 2.2.

Рисунок 2.8 – Вертикальный токарно-карусельный станок Pietro Carnaghi ATF10

Таблица 2.2 – Основные технические характеристики вертикального токарно-карусельного станка Pietro Carnaghi ATF10 TM

Описание, единица измерения	Значение
Максимальный диаметр обрабатываемого изделия, мм	1000
Стол, диаметр паллеты, мм	800
Максимальная нагрузка на стол, кг	2000
Стандартная частота вращения, об/мин	5,5-1250
Мощность точения, кВт	60
Высота точения, мм	750
Сечение ползуна, мм	250x250
Перемещение ползуна по оси Z, мм	1000
Мощность фрезерования, кВт	37
Максимальная частота вращения, об/мин	30000
Ускоренная подача по осям X-Z, мм/мин	30000

Для окончательной обработки детали «Корпус подшипника» был выбран обрабатывающий центр с ЧПУ WELE LB421 (рисунок 2.9).

Рисунок 2.9 – Обрабатывающий центр с ЧПУ WELE LB421

Данный обрабатывающий центр имеет монолитную конструкцию портала, две линейные роликовые направляющие качения по оси X, роликовые направляющие качения оси Y, роликовые направляющие качения, способные выдерживать сверхтяжёлую нагрузку [6].

Основные технические характеристики фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ WELE LB421 приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ WELE LB421

Описание, единица измерения	Значение
Перемещение по оси X, мм	4060
Перемещение по оси Y, мм	2150
Перемещение по оси Z, мм	800
Длина стола по оси X, мм	4000
Длина стола по оси Y, мм	2000
Максимальный вес обрабатываемой детали, кг	15000

Продолжение таблицы 2.3 – Основные технические характеристики фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ WELE LB421

Размер Т-образного паза (ширина х расстояние х количество)	28 х 200 х 10
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	200-1000
Расстояние между колоннами, мм	2300
Скорость вращения шпинделя, об/мин	10-6000
Скорость подачи по оси X, мм/мин	18000
Скорость подачи по оси Y, мм/мин	20000
Скорость подачи по оси Z, мм/мин	15000
Рабочая подача, мм/мин	1-10000
Емкость инструментального магазина, позиций	32
Максимальная длина инструмента, мм	400
Точность позиционирования, мм	±0,015
Длина станка, мм	10590
Ширина станка, мм	5300
Высота станка, мм	4350

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс проектного варианта для детали «корпус подшипника» представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Маршрутный технологический процесс детали «корпус подшипника»

Номер, название операции	Оборудование
000 Заготовительная операция	
005 Входной контроль	
006 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
010 Комплексная операция на обрабатывающих центрах с ЧПУ	Обрабатывающий центр с ЧПУ WELE RB212
015 Слесарная операция	

Продолжение таблицы 2.4 – Маршрутный технологический процесс детали «корпус подшипника»

020 Контрольная операция	
021 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
025 Контрольная операция	
026 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
030 Слесарная операция	
035 Комплексная операция на обрабатывающих центрах с ЧПУ	Обрабатывающий центр с ЧПУ WELE RB212
036 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
040 Комплексная операция на обрабатывающих центрах с ЧПУ	Вертикальный токарно-карусельный станок Pietro Carnaghi ATF10
045 Контрольная операция	
050 Слесарная операция	
051 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
055 Комплексная операция на обрабатывающих центрах с ЧПУ	Обрабатывающий центр с ЧПУ WELE LB421
056 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
060 Моечная операция	
061 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
065 Контрольная операция	КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS
066 Транспортная операция	Робокар INDEVA Tunnel AGV
070 Упаковочная	

Эскизы проектного технологического процесса представлены на рисунках 2.10 – 2.14.

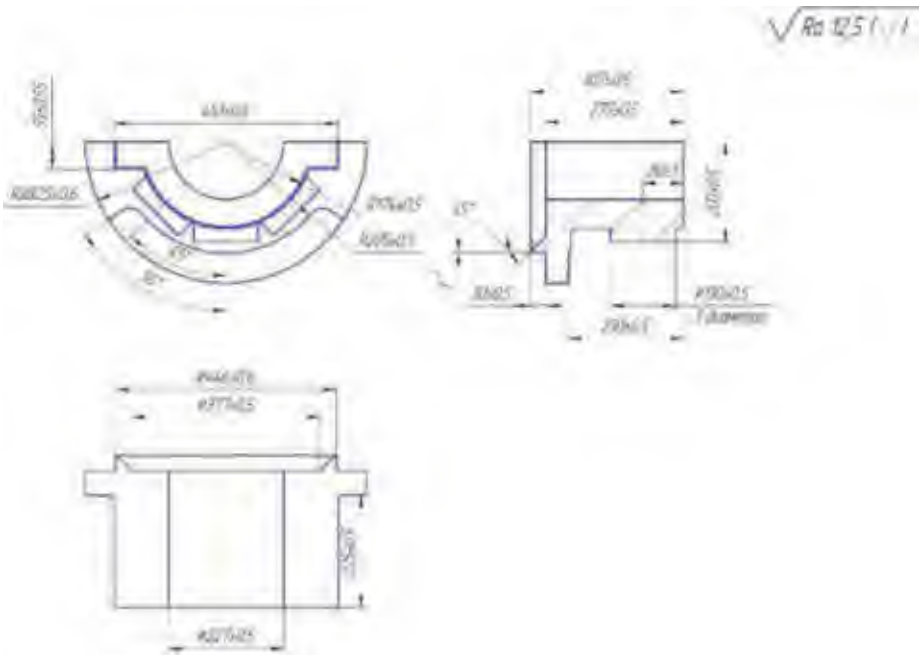

Рисунок 2.10 – Эскиз 000 заготовительной операции

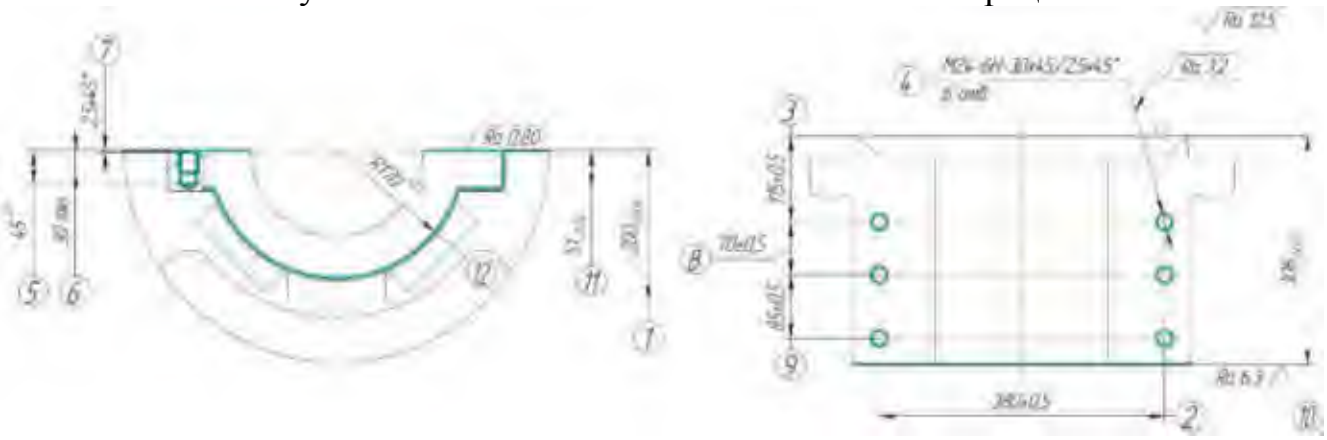

Рисунок 2.11 – Операционный эскиз 010 комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ

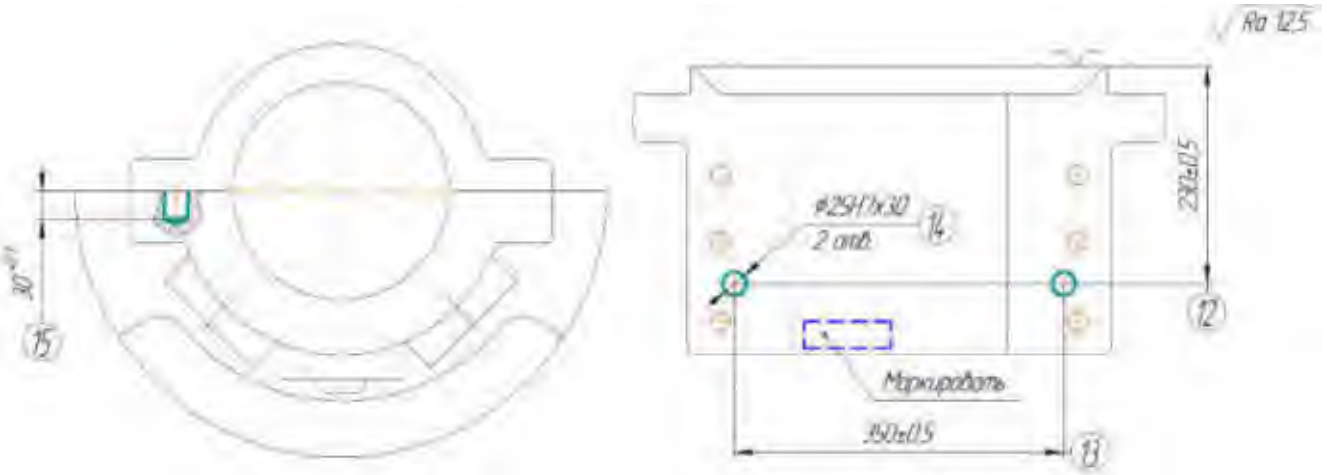

Рисунок 2.12 – Операционный эскиз 035 комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ

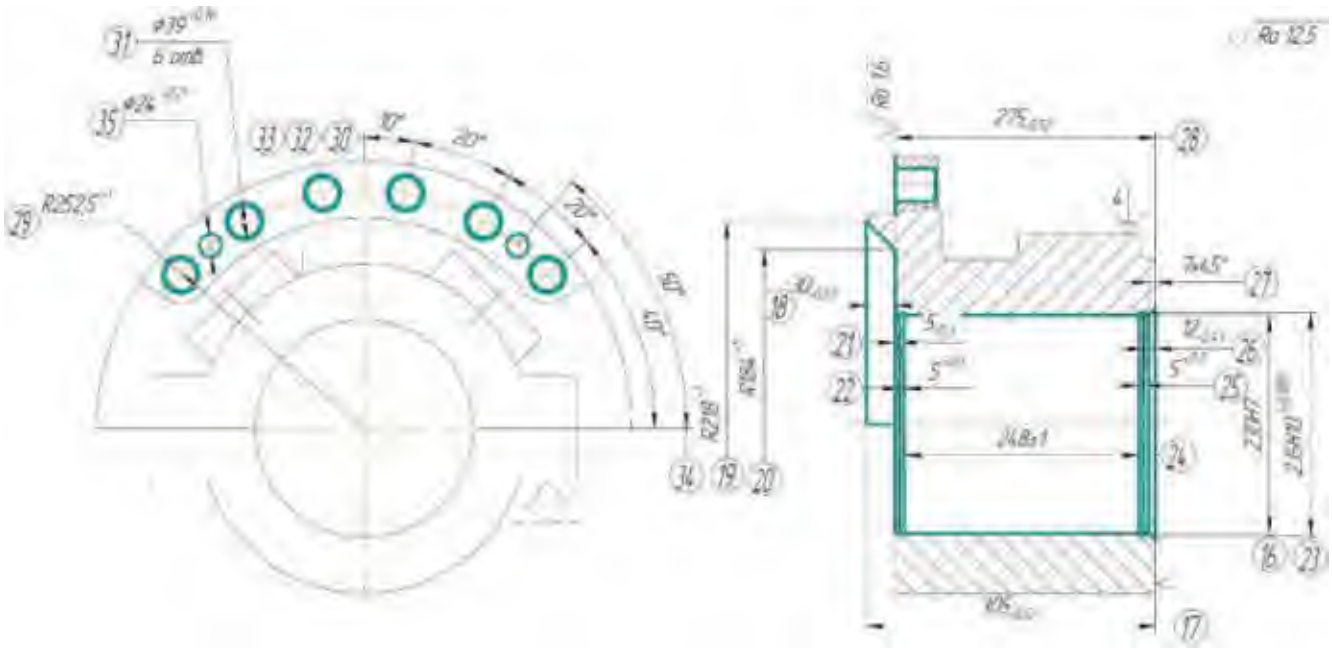

Рисунок 2.13 – Операционный эскиз 040 комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ

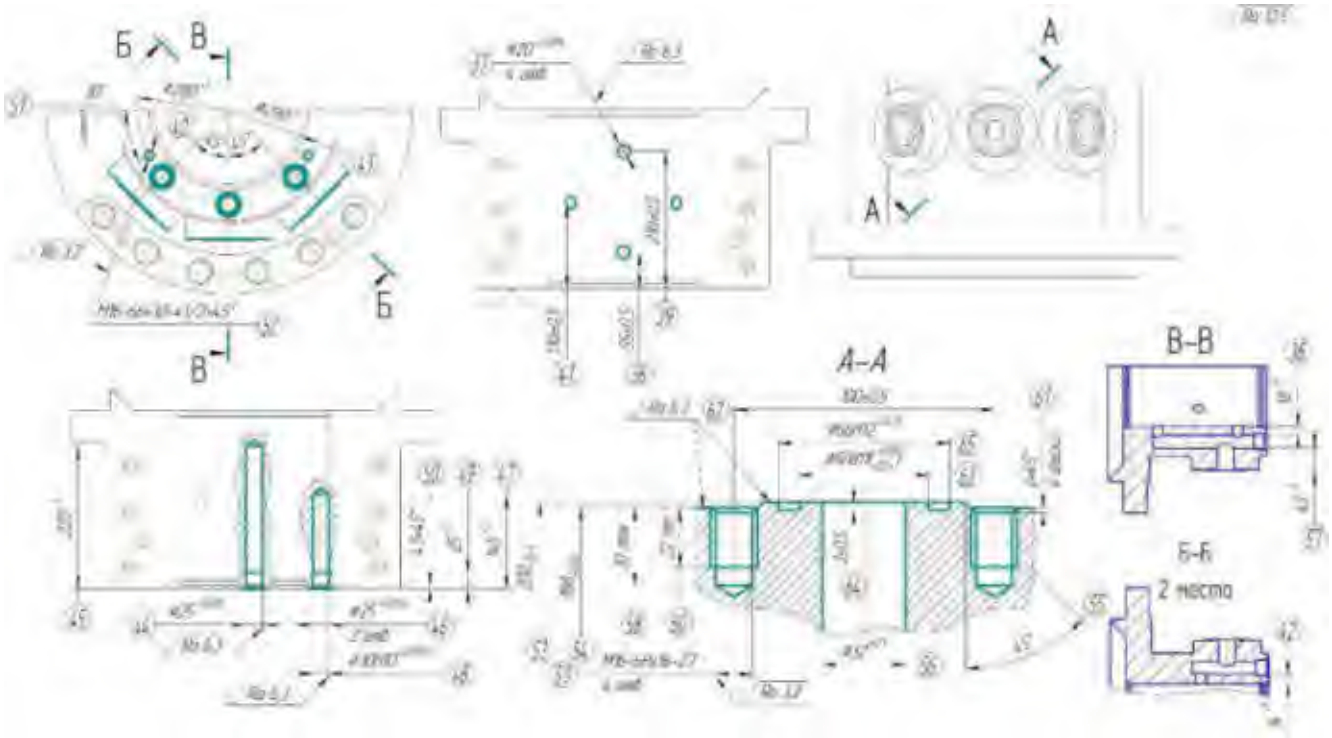

Рисунок 2.14 – Операционный эскиз 055 комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ

2.2.4 Размерно – точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Целью анализа является проверка технологического процесса на выполнение размеров, а также целесообразность применения его в производстве. Размерный анализ приведена на рисунке 2.15.

Рассчитаем минимальные припуски на обработку по формуле 2.1. При данных операциях шероховатость (Rz) =50 мкм, а величина дефектного слоя (Df)=60 мкм.

$$Z_{min}=60+50=110=0,11 \text{ мм}$$

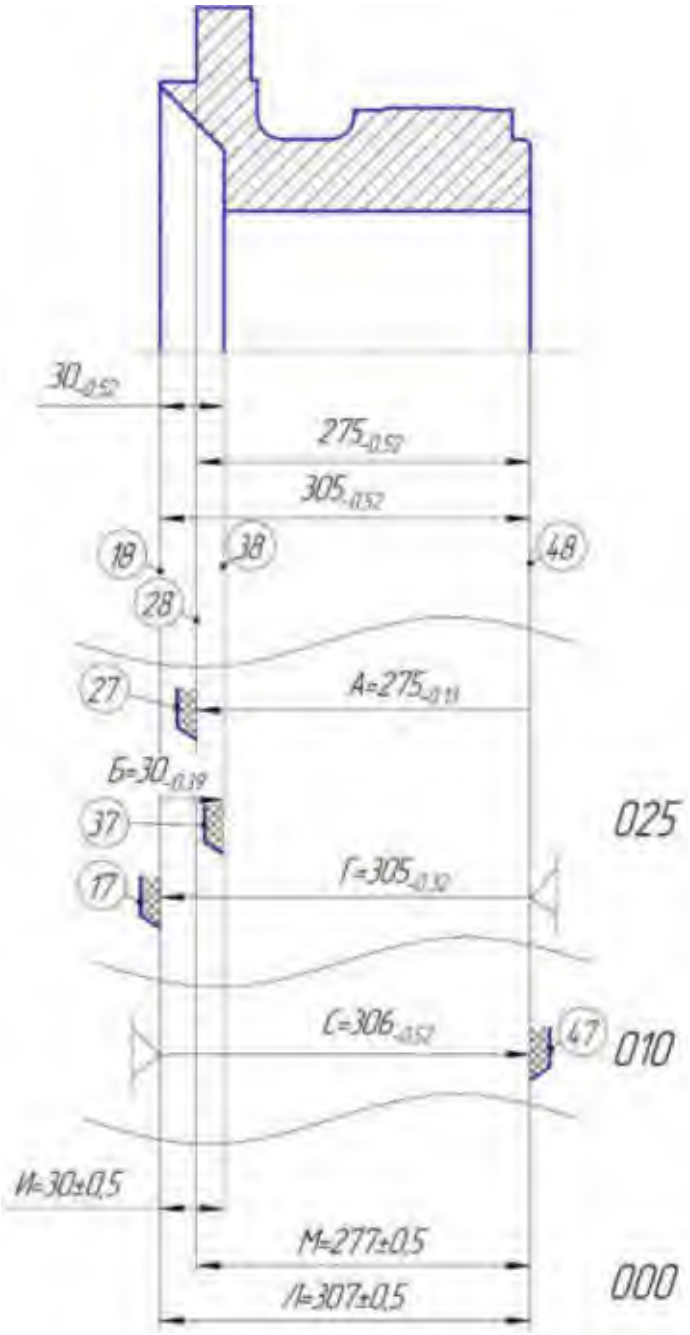

Рисунок 2.15 – Размерный анализ проектного варианта технологического процесса детали «корпус подшипника»

Рассчитаем номинальные припуски на обработку:

$$Z_н = Z_{min} + \frac{W}{2} - [\Delta_0] \quad (2.3)$$

где W – величина поля рассеяния;

$[\Delta_0]$–величина середины поля допуска.

[17…18] = – (18…58) + (58…17) = $-\ Г_{-0,32} + С_{-0,52}$

$Z_н = 0,11 + \frac{0,52+0,32}{2} - (\frac{-0,52}{2} + \frac{-0,32}{2}) = 0,79 \rightarrow 0,8$ мм

[17…18] =$0,8^{+0,32}_{-0,52}$ мм

2) [47…48] = – (48…17) + (17…57) = $-\ С_{-0,52} + Л \pm 0,5$

$Z_н = 0,11 + \frac{1,52}{2} - \frac{-0,52}{2} = 1,13$ мм

[57…58] =$1,13^{+1,02}_{-0,5}$ мм.

[27…28] = - (28…58) – (48…47) + (47…27) = $-\ А_{-0,13} - 1,13^{+1,02}_{-0,5} +$

$+М \pm 0,5$

$Z_н = 0,11 + \frac{0,13+1,52+1}{2} - (\frac{-0,13}{2} + \frac{1,02+0,5}{2}) = 0,74$ мм

[57…58] =$0,74^{+0,52}_{-0,13}$ мм.

[37…38] = (38…18) + (18…17) $-$ (17…37) = $-\ Б_{-0,39} + 0,8^{+0,32}_{-0,52} -$

$-И \pm 0,5$

$Z_н = 0,11 + \frac{0,39+0,84+1}{2} - (\frac{-0,39}{2} + \frac{0,32+0,52}{2}) = 1$ мм

[57…58] =$1^{-0,18}_{-0,41}$ мм.

Произведём расчёт неизвестных номиналов:

А [28…48] = $275_{-0,13}$мм;

Б [18…48] = $30_{-0,39}$ мм;

Г [18…48] = $305_{-0,32}$ мм;

С [17…48] = (58…18) + (18…17) = 305+0,8 = $306_{-0,52}$ мм;

М [27…47] = (47…48) + (48…28) + (28…27) = 1,13 + 275 + 0,74 = 277$\pm$0,5 мм;

И [17…37] = $-$ (37…38) + (38…18) + (18…17) = $-$1+ 30 + 0,8 = 30$\pm$0,5 мм;

Л [17…47] = (47…48) + (48…17) = 1,13+306 = 307$\pm$0,5 мм.

2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

2.2.5.1 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

Первым этапом нормирования труда при механической обработке материалов, выполняемой на металлорежущих станках, является назначение режимов резания.

Выбор и расчёт режимов резания заключается в установлении глубины резания t, подачи S и скорости резания v при допустимых усилиях резания и мощности, необходимой для обработки. Выбранные режимы резания должны обеспечивать, в зависимости от принятых критериев, наибольшую производительность труда или наименьшую стоимость обработки заготовки при обязательном выполнении требований к точности и качеству поверхностного слоя изделия.

По «общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания» расчёт режимов резания и норм времени производим для детали «корпус подшипника».

Определим режимы резания для комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ 010. Эскиз операции представлен на рисунке 2.11.

Исходные данные

Деталь

Наименование – корпус подшипника;

Материал - сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87 ($\sigma_в$=550 МПа, $\sigma_т$=280 МПа, НВ=143-187 МПа);

Точность обработки поверхностей: размеры 1, 10 - IT12, размер 4 –IT 9;

Параметры шероховатости обрабатываемых поверхностей: для размера 1 – Ra=0,80 мкм, размера 4 – Ra=3,2 мкм, размера 10 – Ra=6,3 мкм;

Отклонение от плоскостности размера 1 – 0,04 мм.

Заготовка

Заготовка – отливка IT13;

Состояние поверхности – без корки;

Масса – 102 кг;

Припуск на обработку размера 1 – 1,5 мм, размера 4 – отверстие в сплошном металле, размера 10 – 1,3 мм.

Станок

Модель – фрезерный обрабатывающий центр WELE RB212;

Размеры рабочей поверхности стола – 2000x1100 мм;

Частота вращения шпинделя – 6000 мин$^{-1}$;

Рабочая подача – 1-10000 мм/мин.

Операция

Базирование – установка в призму с упором по торцу;

Содержание операции – фрезеровать поверхности, выдерживая размеры 1 и 10, сверлить 6 отверстий и нарезать в них резьбу, получая размер 4 (рисунок 2.11)

Охлаждение – эмульсия.

Расчёт режимов резания для размера 1 – 200h12($_{-0,46}$)

Выбор стадии обработки фрезерования

Выбор размера между обработанными торцами соответствует 12-му квалитету. По карте 54 (позиция № 5, индекс «в») [8, с.175] определяем, что для получения размера 200h12($_{-0,46}$) необходимо выполнение получистовой (II) стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 (позиция № 9, индекс «г») [8, с.174] определяем глубину резания для II стадии обработки t_{II} = 2,00 мм (деталь 12 квалитета, заготовка 13).

Выбор инструмента

По приложениям 3-11 [8, с.265-277] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая D=125, материал режущей части Т15К6, число зубьев z = 8, φ=67°.

Выбор подачи

Подачу на зуб для получистовой стадии обработки выбираем по карте 57 (позиция № 1, индекс «в») [8, с.180] $S_{Z_{II_T}} = 0{,}16$ мм/зуб.

По картам 60 и 66 [8, с.183-195] определяем поправочные коэффициенты на подачу для получистовой стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{S_М}$=1,10;
- материала режущей части $К_{S_И}$=1,00;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормированной $К_{S_В}$=1,0;
- главного угла в плане $К_{S_\varphi}$=1,00;
- способа крепления пластины $К_{S_Р} = 1{,}20$;
- схемы установки фрезы $К_{S_С} = 1{,}00$;
- выбранного критерия износа фрезы $К_{S_{h_з}} = 1{,}00$;
- группы обрабатываемости материала $К_{S_О}$=1,00;

С учётом определённых поправочных коэффициентов определяем подачу по следующей формуле:

$$S_z = S_Т \cdot К_{S_М} \cdot К_{S_И} \cdot К_{S_В} \cdot К_{S_\varphi} \cdot К_{S_Р} \cdot К_{S_С} \cdot К_{S_{h_з}} \cdot К_{S_О} \quad (2.4)$$

Для получистовой стадии:

$$S_z = 0{,}16 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 0{,}21 \text{ мм/зуб}$$

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z = 0{,}05$ мм/зуб (карта 61, позиция 1, индекс «д») [8, с.186]. С учётом поправочного коэффициента в зависимости от твёрдости обрабатываемого материала ($К_{S_М}$=1,00) подача по шероховатости будет равна $S_z = 0{,}05 \cdot 1{,}00 = 0{,}05$ мм/зуб.

Для получистовой стадии обработки окончательно принимаем минимальное значение подачи S_z= 0,05 мм/зуб.

Таким образом минутная подача будет равна:

$$S_м = S_z \cdot z \quad (2.5)$$

$$S_м = 0{,}05 \cdot 8 = 0{,}4 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 65 [8, с.186].

Для получистовой стадии обработки V_{II_T} = 327 м/мин (позиция № 8, индекс «б»).

Выбранные скорости резания корректируются с учётом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{V_М}$=1,10;

- материала режущей части $К_{V_И}$=1,00;

- состояния поверхности $К_{V_П}$=1,00;

- главного угла в плане $К_{V_\varphi}$=1,00;

- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы главного угла в плане $К_{V_В}$=1,00;

- периода стойкости режущей части фрезы главного угла в плане $К_{V_Т}$=1,00;

- способа крепления пластины $К_{V_Р} = 1{,}20$;

- наличия охлаждения $К_{V_Ж}$=1,00;

- группы обрабатываемости материала $К_{V_О}$=1,00.

Выбранные скорости резания корректируются с учётом определённых поправочных коэффициентов по формуле:

$$V = V_Т \cdot К_{V_М} \cdot К_{V_И} \cdot К_{V_П} \cdot К_{V_\varphi} \cdot К_{V_В} \cdot К_{V_Т} \cdot К_{V_Р} \cdot К_{V_Ж} \cdot К_{V_О} \quad (2.6)$$

Для получистовой стадии скорость резания будет равна:

$$V = 327 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 431{,}64 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.7)$$

Подставляя, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 431{,}64}{\pi \cdot 125} = 1010$$

Расчёт режимов резания для размера 4 – М24-6Н-30х45

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121]в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 24 мм 9-ого квалитета с Ra = 3,2 мкм маршрут

обработки включает сверление, зенкерование чистовое, развёртывание черновое (карта 44, позиция № 2, индекс «д»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переходах зенкерования и развёртывания определяем по карте 45 [8, с.126] и корректируем с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $К_{T_i}$). В данном случаи глубина резания при чистовом зенкеровании t=0,43 мм (позиция №5, индекс «в») и черновом развёртывании t=0,24 мм (позиция №5, индекс «г»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкеровании был переход сверления. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,75. Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=0,43·1,75=0,75 мм.

Аналогично и для чернового развёртывания. Предшествующим переходом перед черновым развёртыванием был переход чистового зенкерования. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,0. Окончательно глубина резания для перехода чернового развёртывания t=0,24·1,0=0,24 мм.

Глубина резания для перехода сверление принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·22=11 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле:

$$D_i = D_{i+1} - 2 \cdot t_{i+1} \quad (2.8)$$

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- черновое развёртывание D = 22 мм;
- чистовое зенкерование D = 22 – 2 · 0,24 = 21,52 мм;
- сверление D = 21,52 – 2 · 0,75 = 20,02 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- черновое развёртывание D = 22 мм;
- чистовое зенкерование D = 21,5 мм;
- сверление D = 20 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 20 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 2,25, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 25 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №2, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{От}$ = 0,42 мм/об; $v_т$ = 17,6 м/мин; $N_т$ = 2,5 кВт; $P_т$ = 10665 Н.

- чистовое зенкерование D = 21,5 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=25 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №5, индекс «н», «о», «п», «р») определяем $S_{От}$ = 0,43 мм/об; $v_т$ = 28,4 м/мин; $N_т$ = 1,03 кВт; $P_т$ = 157 Н.

- черновое развёртывание D = 22 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=25 мм. Для этих значений по карте 49, лист 1 (позиция №1, индекс «н», «о», «п», «р») определяем $S_{От}$ = 1,02 мм/об; $v_т$ = 7,6 м/мин; $N_т$ = 1,00 кВт; $P_т$ = 136 Н.

- нарезание резьбы D = 24 мм, ближайшее табличное значение $D_р$= М24 мм, шаг резьбы P = 3 мм. Для этих значений по карте 50, лист 1 (позиция №11, индекс «л», «м», «н», «о», «п») определяем $v_т$ = 13,1 м/мин; $N_т$ = 1,31 кВт; $P_т$ = 141 Н, $M_{крт}$ = 7,3 Н·м, $M_{рт}$ = 75 Н·м. Подача при нарезании резьбы метчиком равна шагу нарезаемой резьбы, то есть $S_{От}$ = P. $S_{От}$ = 3 мм/об.

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{От}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,42	17,6	2,5	10665	302
Чистовое зенкерование	0,43	31,5	1,30	157	401

Продолжение таблицы 2.5 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Черновое развёртывание	1,02	7,6	1,00	136	110
Нарезание резьбы	3	13,1	1,31	141	174

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверления} = \frac{1000 \cdot 17,6}{\pi \cdot 20} = 302 \text{ об/мин};$$

$$n_{чистовое\ зенкерование} = \frac{1000 \cdot 31,5}{\pi \cdot 25} = 401 \text{ об/мин.}$$

$$n_{черновое\ развертывание} = \frac{1000 \cdot 7,6}{\pi \cdot 22} = 110 \text{ об/мин};$$

$$n_{нарезание\ резьбы} = \frac{1000 \cdot 13,1}{\pi \cdot 24} = 174 \text{ об/мин.}$$

Значения n_m для каждого перехода сведены в таблицу 2.5.

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52, а значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.141-150].

Поправочные коэффициенты:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);
- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твёрдый сплав);
- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);
- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);
- $K_{V_К}{}^*$=1 (степень точности резьбы 6);
- $K_{N_М} = K_{P_М} = 1,05$;

- $К_{Ni} = 1{,}6$ для чистового зенкерования;

- $К_{Ni} = 1{,}0$ для чернового резвертывания;

- $К_{Pi} = 2{,}0$ для чистового зенкерования;

- $К_{Pi} = 1{,}0$ для чернового резвертывания;

Сверление:

Подачу корректируем по формуле:

$$S_O = S_{От} \cdot K_{Sм} \quad (2.9)$$

С учётом коэффициента:

$$S_O = 0{,}42 \cdot 1{,}05 = 0{,}441 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируем по формуле:

$$V = V_T \cdot К_{V_м} \cdot К_{V_з} \cdot К_{V_ж} \cdot К_{V_m} \cdot К_{V_W} \cdot К_{V_и} \cdot К_{V_l} \cdot К_{V_п} \quad (2.10)$$

$$V = 17{,}6 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 40{,}66 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 40{,}66}{\pi \cdot 20} = 647 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$v_s = S_0 \cdot n \quad (2.11)$$

$$v_s = 0{,}441 \cdot 647 = 285{,}33 \text{ мм/мин.}$$

Зенкирование чистовое

С учётом коэффициента по формуле 2,9 корректируем подачу:

$$S_O = 0{,}43 \cdot 1{,}05 = 0{,}451 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируется по формуле 2.10

$$V = 31{,}5 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 72{,}76 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.6:

$$n = \frac{1000 \cdot 72{,}76}{\pi \cdot 25} = 926 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 0{,}451 \cdot 926{,}5 = 417{,}85 \text{ мм/мин.}$$

Развертывание черновое

Подачу с учётом определённых коэффициентов корректируем по формуле 2.9:

$$S_O=1{,}02\cdot1{,}05=1{,}071 \text{ мм/об.}$$

Скорость с учётом определённых коэффициентов корректируем по формуле 2.10

$$V=7{,}6\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=17{,}56 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n=\frac{1000\cdot17{,}56}{\pi\cdot22}=254 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s=1{,}071\cdot254=272{,}03 \text{ мм/мин.}$$

Нарезание резьбы

Скорость резьбонарезания корректируется по формуле из карты 53:

$$V=\mathrm{V_T}\cdot\mathrm{K_{V_M}}\cdot\mathrm{K_{V_K}}^{*} \qquad (2.12)$$

С учётом определённых коэффициентов:

$$V=13{,}1\cdot1{,}05\cdot1=13{,}75 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n=\frac{1000\cdot13{,}75}{\pi\cdot24}=183 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s=3\cdot183=543 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

По карте 52 формулы для корректировки мощности резания и осевой силы имеют вид:

Для сверления и резьбонарезания:

Мощность определяется по формуле

$$\mathrm{N}=\frac{\mathrm{N_T}}{\mathrm{K_{Nм}}} \qquad (2.13)$$

Осевая сила

$$P = \frac{P_T}{K_{Pм}} \quad (2.14)$$

Для чистового зенкерования и чернового развёртывания:

Мощность определяется по формуле

$$N = N_T \cdot \frac{K_{Ni}}{K_{Nм}} \quad (2.15)$$

Осевая сила

$$P = P_T \cdot \frac{K_{Pi}}{K_{Pм}} \quad (2.16)$$

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$N = \frac{1,7}{1,05} = 1,61 \text{ кВт.}$$

- мощность для резьбонарезания:

$$N = \frac{1,31}{1,05} = 1,25 \text{ кВт.}$$

- мощность для чистового зенкерования:

$$N = 1,3\frac{1,6}{1,05} = 1,98 \text{ кВт.}$$

- мощность для чернового развёртывания:

$$N = 1,0\frac{1,0}{1,05} = 0,95 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$P = \frac{8308}{1,05} = 7912 \text{ Н.}$$

- осевая сила для резьбонарезания:

$$P = \frac{141}{1,05} = 134 \text{ Н.}$$

- осевая сила для чистового зенкерования:

$$P = 157\frac{2,0}{1,05} = 298,3 \text{ Н.}$$

- осевая сила для чернового развёртывания:

$$P = 136\frac{1,0}{1,05} = 129,2 \text{ Н.}$$

Расчёт режимов резания для размера 4 – 306h12($_{-0,52}$)

Выбор стадии обработки фрезерования

Выбор размера между обработанными торцами соответствует 12-му квалитету. По карте 54 [8, с.174] (позиция № 5, индекс «в») определяем, что для получения размера 306h12($_{-0,52}$) необходимо выполнение получистовой (II) стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 [8, с.174] (позиция № 9, индекс «д») определяем глубину резания для II стадии обработки t_{II} = 2,20 мм (деталь 12 квалитета, заготовка 13).

Выбор инструмента

По приложениям 3-11 [8, с.265-277] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая D=63, материал режущей части Т15К6, число зубьев z = 6, φ=67°.

Выбор подачи

Подачу на зуб для получистовой стадии обработки выбираем по карте 57 [8, с.180] (позиция № 1, индекс «г») $S_{Z_{II_T}} = 0{,}15$ мм/зуб.

По картам 60 и 66 [8, с.183-195] определяем поправочные коэффициенты на подачу для получистовой стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{S_М}$=1,10;
- материала режущей части $К_{S_И}$=1,00;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормированной $К_{S_В}$=1,0;
- главного угла в плане $К_{S_\varphi}$=1,00;
- способа крепления пластины $К_{S_Р} = 1{,}20$;
- схемы установки фрезы $К_{S_С} = 1{,}00$;
- выбранного критерия износа фрезы $К_{S_{h_з}} = 1{,}00$;
- группы обрабатываемости материала $К_{S_О}$=1,00;

С учётом поправочных коэффициентов для получистовой стадии определяем подачу по формуле 2.4:

$S_z = 0{,}15 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 0{,}20$ мм/зуб

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z = 0{,}25$ мм/зуб [8, с.186] (карта 61, позиция 1, индекс «а»). С учетом поправочного коэффициента в зависимости от твердости обрабатываемого материала ($К_{S_М}$=1,00) подача по шероховатости будет равна $S_z = 0{,}25 \cdot 1{,}00 = 0{,}25$ мм/зуб.

Для получистовой стадии обработки окончательно принимаем минимальное значение подачи S_z= 0,20 мм/зуб.

Таким образом минутная подача будет равна:

$$S_м = 0{,}20 * 6 = 1{,}2 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 65 [8, с.186].

Для получистовой стадии обработки V_{II_T} = 248 м/мин (позиция № 9, индекс «г»).

Выбранные скорости резания корректируются с учётом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{V_М}$=1,10;
- материала режущей части $К_{V_И}$=1,00;
- состояния поверхности $К_{V_П}$=1,00;
- главного угла в плане $К_{V_\varphi}$=1,00;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы главного угла в плане $К_{V_В}$=1,00;
- периода стойкости режущей части фрезы главного угла в плане $К_{V_Т}$=1,00;
- способа крепления пластины $К_{V_Р} = 1{,}20$;
- наличия охлаждения $К_{V_Ж}$=1,00;
- группы обрабатываемости материала $К_{V_0}$=1,00.

С учётом определённых поправочных коэффициентов скорость резания определяют по формуле 2.6:

$V = 248 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 327{,}36$ м/мин.

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 327{,}36}{\pi \cdot 63} = 1654$$

Определим режимы резания для комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ 035. Эскиз операции представлен на рисунке 2.12.

Исходные данные

Станок

Модель – фрезерный обрабатывающий центр WELE RB212;

Размеры рабочей поверхности стола – 2000х1100 мм;

Частота вращения шпинделя – 6000 мин$^{-1}$;

Рабочая подача – 1-10000 мм/мин.

Операция

Базирование – установка в призму с упором по торцу;

Содержание операции – сверлить 2 отверстия, выдерживая размер 14 (рисунок 2.12)

Охлаждение – эмульсия

Расчёт режимов резания для размера 14 – Ø25H7($^{+0,021}$)

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 25 мм 7-ого квалитета с Ra = 12,5 мкм маршрут обработки включает сверление, зенкерование чистовое (карта 44, позиция № 2, индекс «в»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переходах зенкерования и развертывания определяем по карте 45 [8, с.126] и корректируем с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $К_{T_i}$). В данном случаи глубина резания при чистовом зенкеровании t=0,43 мм (позиция №5, индекс «в»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкеровании был переход сверления. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,75 [8, с.126].

Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=0,43·1,75=0,75 мм.

Глубина резания для перехода сверление принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·25=12,5 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- чистовое зенкерование D = 25 мм;

- сверление D = 25 – 2 · 0,75 = 23,5 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- чистовое зенкерование D = 25 мм;

- сверление D = 23,5 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 23,5 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 3, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 25 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{Oт}$ = 0,42 мм/об; $v_т$ = 17,6 м/мин; $N_т$ = 2,5 кВт; $P_т$ = 10665 Н.

- чистовое зенкерование D = 25 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=25 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №5, индекс «н», «о», «п», «р») определяем $S_{Oт}$ = 0,43 мм/об; $v_т$ = 31,5 м/мин; $N_т$ = 1,30 кВт; $P_т$ = 157 Н.

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.6.

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверления} = \frac{1000 \cdot 17,6}{\pi \cdot 23,5} = 238,4 \text{ об/мин};$$

$$n_{чистовое\ зенкерование} = \frac{1000 \cdot 31,5}{\pi \cdot 25} = 401,1 \text{ об/мин}.$$

Таблица 2.6 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{Oт}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,42	17,6	2,5	10665	238,4
Чистовое зенкерование	0,43	31,5	1,30	157	401,1

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52, а значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53.

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);
- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твёрдый сплав);
- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);
- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);
- $K_{Nм} = K_{Pм} = 1,05$;
- $K_{Ni} = 1,6$ для чистового зенкерования;
- $K_{Pi} = 2,0$ для чистового зенкерования.

Сверление:

Подачу с учётом определённого коэффициента корректируем по формуле 2.9.

$$S_O=0,42\cdot1,05=0,441 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируем по формуле 2.10:

$$V=17,6\cdot1,05\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot2,2\cdot1,0\cdot1,0=40,66 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n=\frac{1000\cdot40,66}{\pi\cdot23,5}=551 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s=0,441\cdot550,7=242,8 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование чистовое

Подачу с учётом коэффициента корректируем по формуле 2.9:

$$S_O=0,43\cdot1,05=0,451 \text{ мм/об.}$$

Скорость с учётом определённых поправочных коэффициентов корректируется по формуле 2.10

$$V=31,5\cdot1,05\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot2,2\cdot1,0\cdot1,0=72,76 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n=\frac{1000\cdot72,765}{\pi\cdot25}=926 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s=0,451\cdot926,5=417,85 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

По карте 52 формулы для корректировки мощности резания и осевой силы имеют вид:

Для сверления мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14, а для чистового зенкерования по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$N=\frac{2,5}{1,05}=2,38 \text{ кВт.}$$

- мощность для чистового зенкерования:

$$N = 1{,}3\frac{1{,}6}{1{,}05} = 1{,}98 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$P = \frac{10665}{1{,}05} = 10157 \text{ Н.}$$

- осевая сила для чистового зенкерования:

$$P = 157\frac{2{,}0}{1{,}05} = 298{,}3 \text{ Н.}$$

Определим режимы резания для комплексной операции на обрабатывающих центрах с ЧПУ 040. Эскиз операции представлен на рисунке 2.13.

Исходные данные

Станок

Модель – Pietro Carnaghi ATF10 TM;

Размеры рабочей поверхности стола – диаметр паллеты 800 мм;

Частота вращения шпинделя – 30000 мин$^{-1}$.

Операция

Базирование – установка в четырёх кулачковый патрон;

Содержание операции – расточить диаметр, выдерживая размер 16 с длиной 17, расточить размер 18, расточить два диаметра в размер 23 длинами 22 и 25, фрезеровать размер 28, сверлить 6 отверстий, выдерживая размер 31 и сверлить 2 отверстия с размером 35 (рисунок 2.13).

Охлаждение – эмульсия

Расчёт режимов резания для размера 1 – Ø230H7($^{+0,046}$)

Выбор стадии обработки

По карте 1, лист 2 [8, с.34] определяем необходимые стадии обработки. Для получения размера детали Ø230H7($^{+0,046}$), соответствующего 7-му квалитету, из заготовки 13-го квалитета необходимо вести обработку в две стадии: чистовую и отделочную.

Выбор глубины резания

Выбор минимально необходимой глубины резания для III (чистовой) и IV (отделочной) стадии обработки осуществляется по карте 2 [8, с.37].

Для чистовой обработки поверхности $Ø230^{+0,046}$, диаметр детали входит в интервал размеров 180…250 мм. Глубина резания для получения из 13-го квалитета 10-го квалитета составляет t_{III}=1,1 мм (позиция №7, индекс «б»).

Для отделочной обработки поверхности $Ø230^{+0,046}$, диаметр детали входит в интервал размеров 180…250 мм. Глубина резания для получения из 10-го квалитета 7-го квалитета составляет t_{III}=0,4 мм (позиция №7, индекс «в»).

Резцы (оправки) следует применять наименьшей технологически возможной длины и наибольшего технологического допустимого сечения. Принимаем резец с державкой прямоугольного сечения высотой B=25 мм и вылетом l=160 мм.

В соответствии с рекомендациями приложения 1 [8, с.263] обработку проводим пластинами из твёрдого сплава: Т15К6 – на чистовой и отделочной стадиях.

По приложению 5 [8, с.266] выбираем твёрдосплавную пластину ромбической формы.

Способ крепления пластины выбираем по приложению 6 [8, с.267]: для чистовой и отделочной стадии обработки – винтом с конической головкой.

По приложению 7 [8, с.268] принимаем геометрические параметры режущей части инструмента:

- главный угол в плане $\varphi=50^0$;

- вспомогательный угол в плане $\varphi_1=3^0$;

- задний угол $\alpha = 12^0$ (чистовая и отделочная обработка при $\sigma_в$ > 800МПа резцом из твёрдого сплава);

- передний угол $\gamma = 12^0$ (обработка при $\sigma_в$>800МПа);

- ширина фаски режущей кромки f=0,4 мм;

- радиус округления режущей кромки ρ=0,03 мм;

- радиус вершины резца rв=1 мм.

Принимаем нормативный период стойкости T=30 мин по приложению 13 [8, с.279].

Выбор подачи

Для чистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 12 [8, с.56]. При растачивании резцом прямоугольного сечения с шириной B=25 мм при глубине резания t=1,1 мм рекомендуется подача $S_{от}$=0,28 мм/об (позиция №2, индекс «з»).

Для отделочной стадии обработки значение подачи определяется аналогично по карте 13 [8, с.57]. При растачивании резцом прямоугольного сечения с шириной B=25 мм при глубине резания t=0,4 мм рекомендуется подача $S_{от}$=0,23 мм/об (позиция №3, индекс «з»).

Выбранное значение подачи корректируем с учётом поправочных коэффициентов, которые выбираем по карте 14 [8, с.58-59] для изменённых условий обработки в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Sм}$=1,05 (твёрдость детали HB 190);

- вылета резца оправки K_{Sl}=0,82 (отношение вылета резца к его высоте l/H=160/25=6,4);

- радиуса вершины резца $K_{Sр}$=1,0 (радиус вершины резца $r_в$=1 мм)

- квалитет обрабатываемой детали для чистовой обработки $K_{Sк}$= 1,0 (10 квалитет);

- квалитет обрабатываемой детали для отделочной обработки $K_{Sк}$= 0,85 (7 квалитет);

- кинематический угол в плане $K_{Sφк}$=0,95 (главный угол в плане $φ=50^0$);

- диаметра детали K_{SD}=0,8 (диаметр детали Ø230);

Окончательно подачу определяем по формуле:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{Sм} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sр} \cdot K_{Sк} \cdot K_{Sφ} \cdot K_{SD}; \qquad (2.17)$$

Подставляя, для чистовой стадии обработки получим:

$$S_o = 0{,}28 \cdot 1{,}05 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}8 = 0{,}183 \text{ мм/об.}$$

Окончательная подача для отделочной стадии обработки будет равна:

$$S_o = 0{,}23 \cdot 1{,}05 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}8 = 0{,}15 \text{ мм/об.}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания для чистовой стадии обработки выбираем по карте 22 [8, с.81]. Соответствует скорость резания $V_т$=300 м/мин; (позиция №3, инд. «в»).

Скорость резания для отделочной стадии обработки $V_т$=430 м/мин; (позиция №1, инд. «б»).

По этой же карте скорости резания корректируют с учётом инструментального материала $K_{Vи}$=0,8.

По карте 23 [8, с.82-84] выбираем поправочные коэффициенты на скорость резания при чистовой и отделочной стадии обработки для изменённых условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала Kv_c=1,0;
- вида обработки K_{Vo}=0,9;
- жёсткости станка K_{Vj}=1,0;
- механических свойств обрабатываемого материала K_{Vm}=1,0;
- геометрических параметров резца $K_{Vφ}$=1,4;
- периода стойкости режущей части резца $K_{Vт}$=1,0;
- наличия охлаждения $K_{Vж}$=1,0.

Скорректированная скорость резания вычисляется по формуле:

$$V=V_т \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vи} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vт} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vφ} \quad (2.18)$$

Для чистовой обработки:

$$V=300 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0=302,4 \text{ м/мин.}$$

Для отделочной обработки:

$$V=430 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0=433,44 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7. Подставляя, получим частоты вращения при чистовой обработки:

$$n = \frac{1000 \cdot 302,4}{\pi \cdot 230} = 418 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения при отделочной обработке:

$$n = \frac{1000 \cdot 433,44}{\pi \cdot 230} = 600 \text{ об/мин.}$$

Расчёт режимов резания для размера 18 –30h12($_{-0,52}$)

Выбор стадии обработки

По карте 1, лист 1 [8, с.33] определяем необходимые стадии обработки. Для получения размера детали 30h12($_{-0,52}$), соответствующего 12-му квалитету, из заготовки 13-го квалитета необходимо вести обработку в получистовую стадию.

Выбор глубины резания

Выбор минимально необходимой глубины резания для II (получистовой) и осуществляется по карте 2 [8, с.37].

Для чистовой обработки поверхности 30h12($_{-0,52}$) глубина резания для получения из 13-го квалитета 12-го квалитета составляет t_{II}=2,2 мм (позиция №7, индекс «а»).

Резцы (оправки) следует применять наименьшей технологически возможной длины и наибольшего технологического допустимого сечения. Принимаем резец с державкой прямоугольного сечения высотой B=25 мм и вылетом l=160 мм.

В соответствии с рекомендациями приложения 1 [8, с.263] обработку проводим пластинами из твёрдого сплава: Т15К6 – на получистовой стадии.

По приложению 5 [8, с.266] выбираем твёрдосплавную пластину ромбической формы.

Способ крепления пластины выбираем по приложению 6 [8, с.267]: для получистовой стадии обработки – винтом с конической головкой.

По приложению 7 [8, с.268] принимаем геометрические параметры режущей части инструмента:

- главный угол в плане $\varphi=50^0$;

- вспомогательный угол в плане $\varphi_1=3^0$;

- задний угол $\alpha = 12^0$ (чистовая и отделочная обработка при $\sigma_в$ > 800МПа резцом из твёрдого сплава);

- передний угол $\gamma = 12^0$ (обработка при $\sigma_в$>800МПа);

- ширина фаски режущей кромки f=0,4 мм;

- радиус округления режущей кромки ρ=0,03 мм;

- радиус вершины резца rв=1 мм.

Принимаем нормативный период стойкости T=30 мин по приложению 13 [8, с.279].

Выбор подачи

Для получистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 10 [8, с.51]. При растачивании резцом прямоугольного сечения с шириной B=25 мм при глубине резания t=2,2 мм рекомендуется подача $S_{от}$=0,38 мм/об (позиция №2, индекс «з»).

Выбранное значение подачи корректируем с учётом поправочных коэффициентов, которые выбираем по карте 11 [8, с.52] для изменённых условий обработки в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Sм}$=1,05 (твёрдость детали HB 190);

- вылета резца оправки K_{Sl}=0,82 (отношение вылета резца к его высоте l/H=160/25=6,4);

- радиуса вершины резца K_{Sp}=1,0 (радиус вершины резца $r_в$=1 мм)

- квалитет обрабатываемой детали для чистовой обработки $K_{Sк}$= 1,0 (10 квалитет);

- квалитет обрабатываемой детали для отделочной обработки $K_{Sк}$= 0,85 (7 квалитет);

- кинематический угол в плане $K_{Sφк}$=0,95 (главный угол в плане $φ=50^{0)}$;

- диаметра детали K_{SD}=0,8 (диаметр детали Ø230);

Окончательно подачу для получистовой стадии определяем по формуле 2,17:

$$S_o= 0,38\cdot1,05\cdot0,82\cdot1,0\cdot1,0\cdot0,95\cdot0,8=0,249 \text{ мм/об.}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания для получистовой стадии обработки выбираем по карте 21 [8, с.73]. Соответствует скорость резания $V_т$=228 м/мин; (позиция №1, инд. «б»).

По этой же карте скорости резания корректируют с учётом инструментального материала $K_{Vи}$=1,0.

По карте 23 [8, с.82-84] выбираем поправочные коэффициенты на скорость резания при получистовой стадии обработки для изменённых условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала Kv_c=1,0;
- вида обработки K_{Vo}=0,9;
- жёсткости станка K_{Vj}=1,0;
- механических свойств обрабатываемого материала K_{Vm}=1,0;
- геометрических параметров резца $K_{V\varphi}$=1,4;
- периода стойкости режущей части резца $K_{Vт}$=1,0;
- наличия охлаждения $K_{Vж}$=1,0.

Скорректированная скорость резания для получистовой стадии обработки вычисляется по формуле 2.18:

$$V=228\cdot1{,}0\cdot0{,}9\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}4\cdot1{,}0\cdot1{,}0=287{,}28 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7. Подставляя, получим частоты вращения при получистовой обработки:

$$n=\frac{1000\cdot287{,}28}{\pi\cdot200}=457 \text{ об/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания

Для получистовой стадии обработки мощность резания определяется по карте 21 [8, с.73] аналогично выбору скорости и корректируется в зависимости от твёрдости обрабатываемого материала по карте 24 [8, с.85] $K_{Nм}$=0,85.

Мощность, необходимая для резания определяется по формуле:

$$N=N_T\cdot K_{Nм}\cdot\frac{v_ф}{v_Т} \qquad (2.19)$$

Подставляя, получим:

$$N=5{,}7\cdot0{,}85\cdot\frac{287{,}28}{228}=6 \text{ кВт.}$$

Расчёт режимов резания для размера 23 – Ø235H10($^{+0,185}$)

Выбор стадии обработки

По карте 1, лист 2 [8, с.33] определяем необходимые стадии обработки. Для получения размера детали Ø235H10($^{+0,185}$), соответствующего 10-му квалитету, из заготовки 13-го квалитета необходимо вести обработку в одну стадию: чистовую.

Выбор глубины резания

Выбор минимально необходимой глубины резания для III (чистовой) стадии обработки осуществляется по карте 2 [8, с.37].

Для чистовой обработки поверхности $Ø230^{+0,046}$, диаметр детали входит в интервал размеров 180…250 мм. Глубина резания для получения из 13-го квалитета 10-го квалитета составляет t_{III}=1,1 мм (позиция №7, индекс «б»).

Резцы (оправки) следует применять наименьшей технологически возможной длины и наибольшего технологического допустимого сечения. Принимаем резец с державкой прямоугольного сечения высотой B=25 мм и вылетом l=200 мм.

В соответствии с рекомендациями приложения 1 [8, с.263] обработку проводим пластинами из твёрдого сплава: Т15К6 – на чистовой стадии.

По приложению 5 [8, с.266] выбираем твёрдосплавную пластину ромбической формы.

Способ крепления пластины выбираем по приложению 6 [8, с.267]: для чистовой и отделочной стадии обработки – винтом с конической головкой.

По приложению 7 [8, с.268] принимаем геометрические параметры режущего инструмента:

- главный угол в плане $\varphi=50^0$;

- вспомогательный угол в плане $\varphi_1=3^0$;

- задний угол $\alpha = 12^0$ (чистовая и отделочная обработка при $\sigma_в$ > 800МПа резцом из твёрдого сплава);

- передний угол $\gamma = 12^0$ (обработка при $\sigma_в$>800МПа);

- ширина фаски режущей кромки f=0,4 мм;

- радиус округления режущей кромки ρ=0,03 мм;

- радиус вершины резца rв=1 мм.

Принимаем нормативный период стойкости T=30 мин по приложению 13 [8, с.279].

Выбор подачи

Для чистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 12 [8, с.56]. При растачивании резцом прямоугольного сечения с шириной B=25 мм при глубине резания t=1,1 мм рекомендуется подача $S_{от}$=0,28 мм/об (позиция №2, индекс «з»).

Выбранное значение подачи корректируем с учётом поправочных коэффициентов, которые выбираем по карте 14 [8, с.58-59] для изменённых условий обработки в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Sм}$=1,05 (твердость детали HB 190);

- вылета резца оправки K_{Sl}=0,82 (отношение вылета резца к его высоте l/H=160/25=6,4);

- радиуса вершины резца K_{Sp}=1,0 (радиус вершины резца $r_в$=1 мм)

- квалитет обрабатываемой детали для чистовой обработки $K_{Sк}$= 1,0 (10 квалитет);

- кинематический угол в плане $K_{Sφк}$=0,95 (главный угол в плане $φ=50^{0)}$;

- диаметра детали K_{SD}=0,8 (диаметр детали Ø230);

Окончательно подачу для чистовой стадии обработки определяют по формуле 2.17:

$$S_o= 0,28\cdot1,05\cdot0,82\cdot1,0\cdot1,0\cdot0,95\cdot0,8=0,183 \text{ мм/об.}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания для чистовой стадии обработки выбираем по карте 22 [8, с.81]. Соответствует скорость резания $V_т$=300 м/мин; (позиция №3, инд. «в»).

По этой же карте скорости резания корректируют с учётом инструментального материала $K_{Vи}$=0,8.

По карте 23 [8, с.82-84] выбираем поправочные коэффициенты на скорость резания при чистовой и отделочной стадии обработки для изменённых условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала Kv_c=1,0;

- вида обработки K_{Vo}=0,9;

- жесткости станка K_{Vj}=1,0;

- механических свойств обрабатываемого материала K_{Vm}=1,0;

- геометрических параметров резца $K_{V\varphi}$=1,4;

- периода стойкости режущей части резца K_{VT}=1,0;

- наличия охлаждения $K_{Vж}$=1,0.

Скорректированная скорость резания вычисляется для чистовой обработки по формуле 2.18:

Для чистовой обработки:

$$V=300\cdot0,8\cdot0,9\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,4\cdot1,0\cdot1,0=302,4 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7 Подставляя, получим частоты вращения при чистовой обработки:

$$n=\frac{1000\cdot302,4}{\pi\cdot230}=418 \text{ об/мин.}$$

Расчёт режимов резания для фрезерования размера 28 – 275h12($_{-0,52}$).

Выбор стадии обработки фрезерования

Выбор размера между обработанными торцами соответствует 12-му квалитету. По карте 54 лист 2 [8, с.366] (позиция № 5, индекс «д») определяем, что для получения размера 275h12($_{-0,52}$) необходимо выполнение получистовой (II) стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 лист 1 [8, с.175] (позиция № 4, индекс «д») определяем глубину резания для II стадии обработки t_{II} = 2,10 мм (деталь 12 квалитета, заготовка 13).

Выбор инструмента

По приложениям 3-11 [8, с.265-277] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая D=80, материал режущей части Т15К6, число зубьев z = 10, φ=75°.

Выбор подачи

Подачу на зуб для получистовой стадии обработки выбираем по карте 57 [8, с.180] (позиция № 1, индекс «г») $S_{Z_{II_T}}=0,15$ мм/зуб.

По картам 60 и 66 [8, с.183-195]определяем поправочные коэффициенты на подачу для получистовой стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{S_М}$=1,10;

- материала режущей части $К_{S_И}$=1,00;

- отношения фактической ширины фрезерования к нормированной $К_{S_В}$=1,0;

- главного угла в плане $К_{S_\varphi}$=1,00;

- способа крепления пластины $К_{S_Р} = 1{,}20$;

- схемы установки фрезы $К_{S_С} = 1{,}00$;

- выбранного критерия износа фрезы $К_{S_{h_з}} = 1{,}00$;

- группы обрабатываемости материала $К_{S_О}$=1,00.

С учётом поправочных коэффициентов подачу определяем по формуле 2.4.

Для получистовой стадии:

$S_{ZII} = 0{,}15 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 0{,}18$ мм/зуб

Необходимо сделать проверку выбранной отделочной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z = 0{,}12$ мм/зуб (карта 61, позиция 1, индекс «и») [8, с.186]. С учётом поправочного коэффициента в зависимости от твёрдости обрабатываемого материала ($К_{S_М}$=1,00) подача по шероховатости будет равна $S_z = 0{,}12 \cdot 1{,}00 = 0{,}12$ мм/зуб.

Таким образом, минутная подача будет равна:

$$S_м = 0{,}12 \cdot 10 = 1{,}2 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 65 [8, с.186].

Для получистовой стадии обработки V_{II_T} = 248 м/мин (позиция № 9, индекс «г»).

Выбранную скорость резания корректируем с учётом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{V_М}$=1,10;

- материала режущей части $К_{V_И}$=1,00;

- состояния поверхности $К_{V_П}$=1,00;

- главного угла в плане $К_{V_\varphi}$=1,00;

- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы главного угла в плане $К_{V_В}$=1,00;

- периода стойкости режущей части фрезы главного угла в плане $К_{V_Т}$=1,00;

- способа крепления пластины $К_{V_Р} = 1{,}20$;

- наличия охлаждения $К_{V_Ж}$=1,00;

- группы обрабатываемости материала $К_{V_0}$=1,00.

С учётом поправочных коэффициентов скорость резания определяют по формуле 2.5

$$V_{II} = 248 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 297{,}6 \text{ м/мин.}$$

Для получистовой стадии частота вращения шпинделя по формуле 2.7 будет равна:

$$n_{II} = \frac{1000 \cdot 297{,}6}{\pi \cdot 88} = 1076 \text{ об/мин.}$$

Расчёт режимов резания для размера 31 - Ø39H11($^{+-0,16}$) мм.

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 39 мм 11-ого квалитета с Ra = 12,5 мкм маршрут обработки включает сверление, рассверливание, получистовое зенкерование (позиция № 3, индекс «в»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переход зенкерования определяют по карте 45 [8, с.126] и корректируют с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $К_{ti}$). Для данного случая глубина резания при получистовом зенкеровании t=0,79 мм (поз. №6, инд. «б»).

Предшествующим переходом перед получистовым зенкерованием был переход рассверливания. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{ti}$=1,09. Окончательно глубина резания для перехода получистовое зенкерование t=0,79·1,09=0,86 мм.

Глубина резания для перехода «сверление» принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·39=19,5 мм.

Расчет диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- получистовое зенкерование D = 39 мм;

- рассверливание D = 39 – 2·0,86=37,28 мм

- сверление D = 37,28 – 2 · 0,21 = 36,86 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- получистовое зенкерование D = 39 мм;

- рассверливание D =37,3 мм

- сверление D = 36,9 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 36,9 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 1,5, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 40 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «с», «т», «у», «ф») [8, с.128]определяем $S_{Oт}$ = 0,53 мм/об; $v_т$ = 14,6 м/мин; $N_т$ = 4,1 кВт; $P_т$ = 19637 Н.

- рассверливания при диаметре D=37,3 мм ближайшие табличные значения: диаметр отверстия для обработки $Do_т$ = 40 мм, диаметр обрабатываемого отверстия до $D_т$ = 40 мм. Для этих значения по карте 47, лист 1 (позиция №1, индекс «а», «б», «в», «г») [8, с.129]$S_{Oт}$ = 0,95 мм/об; $v_т$ = 17,3 м/мин; $N_т$ = 1,77 кВт; $P_т$ = 3430 Н.

- получистового зенкерования D=39 мм, ближайшие большие табличные значения $D_т$=40 мм. Для этих значений по карте 48, лист 2 [8, с.130]определяем $S_{Oт}$=0,77 мм/об; $v_т$=18,9 м/мин; $N_т$=1,26 кВт; $P_т$=509 Н (позиция №3, индекс «а», «б», «в», «г»).

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.7.

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверление} = \frac{1000 \cdot 14,6}{\pi \cdot 36,9} = 126 \text{ об/мин}$$

$$n_{расверливание} = \frac{1000 \cdot 17,3}{\pi \cdot 37,3} = 148 \text{ об/мин}$$

$$n_{зенкерование\ получистовое} = \frac{1000 \cdot 18}{\pi \cdot 39} = 147 \text{ об/мин}$$

Таблица 2.7 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{Oт}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,53	14,6	4,1	19637	126
Рассверливание	0,95	17,30	1,77	3430	148
Зенкерование получистовое	0,77	18,9	1,26	509	147

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52, а значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.141-150]:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);
- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твёрдый сплав);
- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);

- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);

- $K_{Nм} = K_{Pм} = 1{,}05$;

- $K_{Ni} = 1{,}07$ для получистового зенкерования;

- $K_{Pi} = 1{,}1$ для получистового зенкерования;

Сверление:

Подачу корректируют по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}53\cdot1{,}05=0{,}556 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируют по формуле 2.10:

$$V=14{,}6\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=33{,}73 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot33{,}726}{\pi\cdot36{,}9} = 291 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11.

$$v_s = 0{,}556 \cdot 291 = 161{,}9 \text{ мм/мин.}$$

Рассверливание

С учётом коэффициентов подача будет равна по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}95\cdot1{,}05=0{,}998 \text{мм/об.}$$

Скорректированная скорость по формуле 2.10:

$$V=17{,}30\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=39{,}96 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot39{,}96}{\pi\cdot37{,}3} = 341 \text{ об/мин.}$$

Окончательная скорость резания по формуле 2.7:

$$v_s = 0{,}9985 \cdot 341{,}2 = 340{,}69 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование получистовое

Подачу с учётом коэффициента корректируем по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}77\cdot1{,}05=0{,}808 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируется по формуле 2.10:

$$V=18{,}9\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=43{,}66 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 43{,}66}{\pi \cdot 39} = 356 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 0{,}808 \cdot 356{,}34 = 287{,}92 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

Для сверления и рассверливания мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14, для получистового зенкерования по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$\mathrm{N} = \frac{4{,}1}{1{,}05} = 3{,}9 \text{ кВт.}$$

- мощность для рассверливания:

$$\mathrm{N} = \frac{1{,}77}{1{,}05} = 1{,}68 \text{ кВт.}$$

- мощность для получистового зенкерования:

$$\mathrm{N} = 1{,}26\frac{1{,}1}{1{,}05} = 1{,}32 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$\mathrm{P} = \frac{19637}{1{,}05} = 18701 \text{ Н.}$$

- осевая сила для рассверливания:

$$\mathrm{P} = \frac{3430}{1{,}05} = 3266 \text{ Н.}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$\mathrm{P} = 509\frac{1{,}1}{1{,}05} = 484 \text{ Н.}$$

Расчёт режимов резания для размера 35 - Ø24H12($^{+0{,}21}$) мм.

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 24 мм 12-ого квалитета с Ra = 12,5 мкм маршрут

обработки включает сверление, чистовое зенкерование (карта 44, позиция № 1, индекс «в»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переход зенкерования определяют по карте 45 [8, с.126] и корректируют с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент K_{ti}). Для данного случая глубина резания при получистовом зенкеровании t=0,43 мм (позиция №5, индекс «в»).

Предшествующим переходом перед получистовым зенкерованием был переход сверления. Для этого случая поправочный коэффициент K_{ti}=1,75. Окончательно глубина резания для перехода получистовое зенкерование t=0,43·1,75=0,75 мм.

Глубина резания для перехода «сверление» принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·24=12 мм.

Расчет диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- чистовое зенкерование D = 24 мм;
- сверление D = 24 – 2 · 0,75 = 22,5 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- чистовое зенкерование D = 24 мм;
- сверление D = 24 – 2 · 0,75 = 22,5 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 22,5 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 2,5, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 25 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 [8, с.128] (позиция №1, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{Oт}$ = 0,42 мм/об; $v_т$ = 17,6 м/мин; $N_т$ = 2,5 кВт; $P_т$ = 10665 Н.

- чистового зенкерования D=24 мм, ближайшие большие табличные значения $D_т$=25 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 [8, с.131] определяем $S_{Oт}$=0,43 мм/об; $v_т$=28,4 м/мин; $N_т$=1,03 кВт; $P_т$=157 Н (позиция №5, индекс «н», «о», «п», «р»).

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{Oт}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,42	17,6	2,50	10665	241
Зенкерование чистовое	0,43	28,4	1,03	157	377

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверление} = \frac{1000 \cdot 17,6}{\pi \cdot 22,5} = 241 \text{ об/мин}$$

$$n_{зенкерование\ чистовое} = \frac{1000 \cdot 28,4}{\pi \cdot 24} = 377 \text{ об/мин}$$

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52, а значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);

- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);

- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твёрдый сплав);

- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);

- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);

- $K_{Nм} = K_{Pм} = 1{,}05$;

- $K_{Ni} = 1{,}6$ для чистового зенкерования;

- $K_{Pi} = 2{,}0$ для чистового зенкерования.

Сверление:

Подачу корректируют по формуле 2.9 с учётом коэффициента:

$$S_O=0{,}42\cdot 1{,}05=0{,}441 \text{мм/об.}$$

Скорость корректируют по формуле 2.10.

$$V=17{,}6\cdot 1{,}05\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 2{,}2\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0=40{,}66 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot 40{,}66}{\pi\cdot 22{,}5} = 575 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11.

$$v_s = 0{,}441 \cdot 575{,}2 = 253{,}7 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование чистовое

Подачу корректируем по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}43\cdot 1{,}05=0{,}451 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируется по формуле 2.10:

$$V=28{,}4\cdot 1{,}05\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 2{,}2\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0=65{,}69 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot 65{,}69}{\pi\cdot 24} = 871 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 0{,}451 \cdot 871{,}2 = 393{,}34 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

Для сверления мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14, для чистового зенкерования по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$N = \frac{2,5}{1,05} = 2,4 \text{ кВт.}$$

- мощность для чистового зенкерования:

$$N = 1,03\frac{1,6}{1,05} = 1,57 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$P = \frac{10665}{1,05} = 10157 \text{ Н.}$$

- осевая сила для чистового зенкерования:

$$P = 157\frac{2}{1,05} = 299 \text{ Н.}$$

Определим режимы резания для комплексной на обрабатывающих центрах с ЧПУ 055 операции. Эскиз операции представлен на рисунке 2.14.

Исходные данные

Станок

Модель – обрабатывающий центр WELE LB421;

Размеры рабочей поверхности стола – 2000х4000 мм;

Частота вращения шпинделя – 10-6000 мин$^{-1}$;

Рабочая подача – 1-10000 мм/мин.

Операция

Базирование – установка в призму с упором по торцу;

Содержание операции – сверлить отверстия в размеры 37, 44, 46, 48, 56 с заданными длинами, фрезеровать поверхности в размеры 53, 54 и 63, сверлить отверстия с последующим нарезанием резьбы в нём в размеры 52, 59 (рисунок 2.14).

Охлаждение – эмульсия

Расчёт режимов резания для размера 37 – ∅20Н10($^{+0,084}$)

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 20 мм 10-ого квалитета с Ra = 6,3 мкм маршрут обработки включает сверление, зенкерование получистовое, зенкерование чистовое (карта 44, позиция № 2, индекс «г»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переходе чистовое зенкерование определяем по карте 45 [8, с.126] и корректируем с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $К_{T_i}$). В данном случаи глубина резания при чистовом зенкеровании t=0,43 мм (позиция №5, индекс «в»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкеровании был переход получистового зенкерования.. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,0 [8, с.126]. Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=0,43·1=0,43 мм.

По карте 45 [8, с.126] определяем глубину резания получистового зенкерования глубина резания t=0,74 мм (позиция №5, индекс «б»). Предшествующим переходом перед получистовым зенкеровании был переход сверления. Поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,1. Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=1,1·1=1,1 мм.

Глубина резания для перехода сверление принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·20=10 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- чистовое зенкерование D=20 мм;

- получистовое зенкерование D = 20 – 2 · 0,43 = 19,14 мм;

- сверление D = 19,14 – 2 · 1,1 = 16,94 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- чистовое зенкерование D=20 мм;

- получистовое зенкерование D = 19,1 мм;

- сверление D = 16,9 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 16,9 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 0,9, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 20 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «д», «е», «ж», «з») определяем $S_{Oт}$ = 0,40 мм/об; $v_т$ = 18,4 м/мин; $N_т$ = 2,15 кВт; $P_т$ = 7982 Н.

- получистовое зенкерование D = 19,1 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=20 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №3, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{Oт}$ = 0,54 мм/об; $v_т$ = 24,0 м/мин; $N_т$ = 1,05 кВт; $P_т$ = 348 Н.

- чистовое зенкерование D = 20 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=20 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №5, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{Oт}$ = 0,37 мм/об; $v_т$ = 32,5 м/мин; $N_т$ = 1,22 кВт; $P_т$ = 142 Н.

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{Oт}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,40	18,4	2,15	7982	346

Продолжение таблицы 2.9 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Получистовое зенкерование	0,54	24,0	1,05	348	400
Чистовое зенкерование	0,37	32,5	1,22	142	517

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверления} = \frac{1000 \cdot 18,4}{\pi \cdot 16,9} = 346 \text{ об/мин};$$

$$n_{получистовое\ зенкерование} = \frac{1000 \cdot 24}{\pi \cdot 19,1} = 400 \text{ об/мин};$$

$$n_{чистовое\ зенкерование} = \frac{1000 \cdot 32,5}{\pi \cdot 20} = 517 \text{ об/мин}.$$

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52, а значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.1141-150]:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);
- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твёрдый сплав);
- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);
- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);
- $K_{Nм} = K_{Pм} = 1,05$;
- $K_{Ni} = 1,08$ для получистового зенкерования;
- $K_{Ni} = 1$ для чистового зенкерования;
- $K_{Pi} = 1,1$ для получистового зенкерования;
- $K_{Pi} = 1$ для чистового зенкерования;

Сверление:

Подачу с учётом коэффициентов корректируем по формуле 2.9:

$$S_O=0,40\cdot1,05=0,42 \text{ мм/об.}$$

Скорость с учётом определённых коэффициентов корректируют по формуле 2.10.

$$V=18,4\cdot1,05\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot2,2\cdot1,0\cdot1,0=42,5 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n=\frac{1000\cdot42,5}{\pi\cdot16,9}=800 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$v_s=0,42\cdot800=336,21 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование получистовое и чистовое

С учётом коэффициента для получистового зенкерования подача будет равна:

$$S_O=0,54\cdot1,05=0,567 \text{ мм/об.}$$

Для чистового зенкерования:

$$S_O=0,37\cdot1,05=0,388 \text{ мм/об.}$$

Скорость с учётом коэффициентов для получистового зенкерования:

$$V=24\cdot1,05\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot2,2\cdot1,0\cdot1,0=55,44 \text{ м/мин.}$$

Для чистового зенкерования:

$$V=32,5\cdot1,05\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot1,0\cdot2,2\cdot1,0\cdot1,0=75,07 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7.

Для получистового зенкерования:

$$n=\frac{1000\cdot55,44}{\pi\cdot19,1}=924 \text{ об/мин.}$$

Для чистового зенкерования:

$$n=\frac{1000\cdot75,07}{\pi\cdot20}=1251 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11.

Для получистового зенкерования:

$$v_s = 0{,}567 \cdot 924 = 253{,}86 \text{ мм/мин.}$$

Для чистового зенкерования:

$$v_s = 0{,}388 \cdot 1251 = 485{,}45 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

Для сверления мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14.

Для получистового и чистового зенкерования мощность и осевая сила определяется по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$\mathrm{N} = \frac{2{,}15}{1{,}05} = 2{,}05 \text{ кВт.}$$

- мощность для получистового зенкерования:

$$\mathrm{N} = 1{,}05\frac{1{,}08}{1{,}05} = 1{,}08 \text{ кВт.}$$

- мощность для чистового зенкерования:

$$\mathrm{N} = 1\frac{1{,}22}{1{,}05} = 1{,}16 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$\mathrm{P} = \frac{7982}{1{,}05} = 7601 \text{ Н.}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$\mathrm{P} = 348\frac{1{,}1}{1{,}05} = 364 \text{ Н.}$$

- осевая сила для чистового зенкерования:

$$\mathrm{P} = 142\frac{1}{1{,}05} = 135 \text{ Н.}$$

Расчёт режимов резания для размеров 44 и 46 – Ø25H10($^{+0{,}084}$)

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметров 25 мм 10-ого квалитета с Ra = 6,3 мкм маршрут

обработки включает сверление, зенкерование получистовое, зенкерование чистовое (карта 44, позиция № 2, индекс «г»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переходе чистовое зенкерование определяем по карте 45 [8, с.126] и корректируем с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $К_{T_i}$). В данном случаи глубина резания при чистовом зенкеровании t=0,43 мм (позиция №5, индекс «в»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкеровании был переход получистового зенкерования. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,0 [8, с.126]. Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=0,43·1=0,43 мм.

По карте 45 определяем глубину резания получистового зенкерования глубина резания t=0,74 мм (позиция №5, индекс «б»). Предшествующим переходом перед получистовым зенкеровании был переход сверления. Поправочный коэффициент $К_{T_i}$=1,1. Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=1,1·1=1,1 мм.

Глубина резания для перехода сверление принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·25=12,5 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- чистовое зенкерование D=25 мм;
- получистовое зенкерование D = 25 – 2 · 0,43 = 24,14 мм;
- сверление D = 19,14 – 2 · 1,1 = 21,94 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- чистовое зенкерование D=25 мм;
- получистовое зенкерование D = 24,1 мм;

- сверление D = 21,9 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 21,9 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру для размера 46 – l/D = 8,8, а для размера 48 - l/D = 5,8 , ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 25 мм, l/D = 12. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №3, индекс «и», «к», «л», «м») [8, с.128] определяем $S_{Oт}$ = 0,23 мм/об; $v_т$ = 22,0 м/мин; $N_т$ = 1,35 кВт; $P_т$ = 6193 Н.

- получистовое зенкерование D = 24,1 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=25 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №3, индекс «и», «к», «л», «м») [8, с.131] определяем $S_{Oт}$ = 0,61 мм/об; $v_т$ = 21,0 м/мин; $N_т$ = 1,25 кВт; $P_т$ = 386 Н.

- чистовое зенкерование D = 25 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=25 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №5, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{Oт}$ = 0,43 мм/об; $v_т$ = 28,4 м/мин; $N_т$ = 1,03 кВт; $P_т$ = 157 Н.

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.10.

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.10.

$$n_{сверления} = \frac{1000 \cdot 22}{\pi \cdot 21,9} = 320 \text{ об/мин};$$

$$n_{получистовое\ зенкерование} = \frac{1000 \cdot 21}{\pi \cdot 24,1} = 277 \text{ об/мин};$$

$$n_{чистовое\ зенкерование} = \frac{1000 \cdot 28,4}{\pi \cdot 25} = 362 \text{ об/мин}.$$

Значения n_m для каждого перехода сведены в таблицу 2.10.

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52.

Таблица 2.10 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{От}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,23	22,0	1,35	61,93	320
Получистовое зенкерование	0,61	21,0	1,25	386	277
Чистовое зенкерование	0,43	28,4	1,03	157	362

Значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.141-150]:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);
- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твёрдый сплав);
- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);
- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);
- $К_{Nм} = К_{Pм} = 1{,}05$;
- $К_{Ni} = 1{,}08$ для получистового зенкерования;
- $К_{Ni} = 1$ для чистового зенкерования;
- $К_{Pi} = 1{,}1$ для получистового зенкерования;
- $К_{Pi} = 1$ для чистового зенкерования.

Сверление:

Подачу корректируем с учётом коэффициента по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}23\cdot1{,}05=0{,}24 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируем по формуле 2.10:

$$V=22\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=50{,}82 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 50,82}{\pi \cdot 21,9} = 737 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$v_s = 0,24 \cdot 737 = 177,26 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование получистовое и чистовое

С учётом коэффициента подача для получистового зенкерования:

$$S_O = 0,61 \cdot 1,05 = 0,64 \text{ мм/об.}$$

Для чистового зенкерования:

$$S_O = 0,43 \cdot 1,05 = 0,451 \text{ мм/об.}$$

Скорость с учётом коэффициентов для получистового зенкерования:

$$V = 21 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 48,51 \text{ м/мин.}$$

Для чистового зенкерования:

$$V = 28,4 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 65,61 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7.

Для получистового зенкерования:

$$n = \frac{1000 \cdot 48,51}{\pi \cdot 24,1} = 641 \text{ об/мин.}$$

Для чистового зенкерования:

$$n = \frac{1000 \cdot 65,61}{\pi \cdot 25} = 835 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11.

Для получистового зенкерования:

$$v_s = 0,64 \cdot 641 = 410,04 \text{ мм/мин.}$$

Для чистового зенкерования:

$$v_s = 0,45 \cdot 835 = 375,88 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

Для сверления мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14.

Для получистового и чистового зенкерования мощность и осевая сила определяется по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$N = \frac{1,35}{1,05} = 1,28 \text{ кВт.}$$

- мощность для получистового зенкерования:

$$N = 1,25\frac{1,08}{1,05} = 1,28 \text{ кВт.}$$

- мощность для чистового зенкерования:

$$N = 1,03\frac{1,22}{1,05} = 1,19 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$P = \frac{6193}{1,05} = 5898 \text{ Н.}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$P = 386\frac{1,1}{1,05} = 404 \text{ Н.}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$P = 157\frac{1}{1,05} = 149 \text{ Н.}$$

Расчёт режимов резания для размера 6 – Ø30H10($^{+0,084}$)

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 30 мм 10-ого квалитета с Ra = 6,3 мкм маршрут обработки включает сверление, рассверливание, чистовое зенкерование (карта 44, лист 3, позиция № 3, индекс «в»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переход зенкерования определяют по карте 45 [8, с.126] и корректируют с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент K_{ti}). Для данного случая глубина резания при чистовом зенкеровании t=0,48мм (поз. №6, инд. «в»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкерованием был переход рассверливания. Для этого случая поправочный коэффициент K_{ti}=1,09. Окончательно глубина резания для перехода получистовое зенкерование t=0,48·1,09=0,52 мм.

Глубина резания для перехода «сверление» принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·30=15 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- получистовое зенкерование D = 30 мм;
- рассверливание D = 30 – 2·0,52=28,96 мм
- сверление D = 28,96 – 2 · 0,21 = 28,54 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- получистовое зенкерование D = 30 мм;
- рассверливание D =28,9 мм
- сверление D = 28,5 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 28,5 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 0,8, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 32 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «н», «о», «п», «р») определяем $S_{Oт}$ = 0,47 мм/об; $v_т$ = 15,5 м/мин; $N_т$ = 3,22 кВт; $P_т$ = 14696 Н.

- рассверливания при диаметре D=28,9 мм ближайшие табличные значения: диаметр отверстия для обработки до $Do_т$ = 32 мм, диаметр обрабатываемого отверстия до $D_т$ = 40 мм. Для этих значения по карте 47, лист 1 (позиция №1, индекс «а», «б», «в», «г») $S_{Oт}$ = 0,95 мм/об; $v_т$ = 17,3 м/мин; $N_т$ = 1,77 кВт; $P_т$ = 3430 Н.

- получистового зенкерования D=30 мм, ближайшие большие табличные значения $D_т$=35 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 определяем $S_{Oт}$=0,72 мм/об; $v_т$=19 м/мин; $N_т$=1,17 кВт; $P_т$=465 Н (позиция №3, индекс «с», «т», «у», «ф»).

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.11.

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверление} = \frac{1000 \cdot 15,5}{\pi \cdot 28,5} = 173 \text{ об/мин}$$

$$n_{рассверливание} = \frac{1000 \cdot 17,3}{\pi \cdot 28,9} = 190 \text{ об/мин}$$

$$n_{зенкерование\ получистовое} = \frac{1000 \cdot 19}{\pi \cdot 30} = 201 \text{ об/мин}$$

Для каждого перехода данные значения сведены в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{Oт}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,47	15,50	3,22	14696	173
Рассверливание	0,95	17,30	1,77	3430	190
Зенкерование получистовое	0,72	19,00	1,17	465	201

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52. Значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.141-150]:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);

- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);

- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);

- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твердый сплав);

- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);

- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);

- $К_{Nм} = К_{Pм} = 1{,}05$;

- $К_{Ni} = 1{,}07$ для получистового зенкерования;

- $К_{Pi} = 1{,}1$ для получистового зенкерования;

Сверление:

Подачу корректируют по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}47\cdot1{,}05=0{,}493 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируют по формуле 2.10.

$$V=15{,}5\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=35{,}81 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot35{,}805}{\pi\cdot28{,}5} = 340 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11.

$$v_s = 0{,}4935 \cdot 399{,}89 = 197{,}34 \text{ мм/мин.}$$

Рассверливание

Корректировка значения рассверливания рассчитывается аналогично сверлению. Все коэффициенты при рассверливании будут такие же как и при сверлении.

С учётом коэффициентов подача будет:

$$S_O=0{,}95\cdot1{,}05=0{,}998 \text{мм/об.}$$

Скорректированная скорость:

$$V=17{,}30\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=39{,}96 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определяем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot39{,}96}{\pi\cdot28{,}9} = 440 \text{ об/мин.}$$

Окончательная скорость резания:

$$v_s = 0{,}998 \cdot 440 = 439{,}49 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование получистовое

С учётом коэффициента подача будет равна:

$$S_O=0{,}72\cdot 1{,}05=0{,}756 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируется по формуле 2.10:

$$V=19\cdot 1{,}05\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0\cdot 2{,}2\cdot 1{,}0\cdot 1{,}0=43{,}89 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot 43{,}89}{\pi\cdot 30} = 466 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.10:

$$v_s = 0{,}756 \cdot 466 = 352{,}06 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

По карте 52 [8, с.141] формулы для корректировки мощности резания и осевой силы имеют вид:

Для сверления и рассверливания мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14, для получистового зенкерования по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$\mathrm{N} = \frac{3{,}22}{1{,}05} = 3{,}1 \text{ кВт.}$$

-мощность для рассверливания:

$$\mathrm{N} = \frac{1{,}77}{1{,}05} = 1{,}68 \text{ кВт.}$$

-мощность для получистового зенкерования:

$$\mathrm{N} = 1{,}17\frac{1{,}1}{1{,}05} = 1{,}23 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$\mathrm{P} = \frac{14696}{1{,}05} = 13996 \text{ Н.}$$

- осевая сила для рассверливания:

$$\mathrm{P} = \frac{3430}{1{,}05} = 3266 \text{ Н.}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$P = 465\frac{1,1}{1,05} = 487,1 \text{ Н}.$$

Расчёт режимов резания для размеров 52 и 59 – М16-6Нх30-41 и М16-6Нх16-27

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметров 16 мм 9-ого квалитета с Ra = 3,2 мкм маршрут обработки включает сверление, развёртывание чистовое (карта 44, позиция № 1, индекс «д»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переходе развёртывания определяем по карте 45 [8, с.126] и корректируем с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент $К_{T_i}$). В данном случаи глубина резания при чистовом развёртывании t=0,06 мм (позиция №4, индекс «е»).

Предшествующим переходом перед чистовым развёртывании был переход сверления. Для этого случая поправочный коэффициент $К_{T_i}$=4,5. Окончательно глубина резания для перехода чистового зенкерования t=0,06·4,5=0,27 мм.

Глубина резания для перехода сверление принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·14=7 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- чистовое развёртывание D = 14 мм;

- сверление D = 14 – 2 · 0,27 = 13,46 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- чистовое развёртывание D = 14 мм;

- сверление D = 13,5 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 13,5 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру для размера 52 – l/D = 3, а для размера 59 – l/D = 2. Ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 16 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «а», «б», «в», «г») [8, с.128] определяем $S_{Oт}$ = 0,39 мм/об; $v_т$ = 19,4 м/мин; $N_т$ = 1,64 кВт; $P_т$ = 6124 Н.

- чистовое развёртывание D = 14 мм, ближайшее табличное значение $D_т$=16 мм. Для этих значений по карте 49, лист 1 (позиция №5, индекс «д», «е», «ж», «з») [8, с.133] определяем $S_{Oт}$ = 0,68 мм/об; $v_т$ = 15,6 м/мин; $N_т$ = 0,37 кВт; $P_т$ = 17,8 Н.

- нарезание резьбы D = 16 мм, ближайшее табличное значение $D_р$= М16 мм, шаг резьбы P = 2 мм. Для этих значений по карте 50, лист 1 (позиция №9, индекс «а», «б», «в», «г», «д») [8, с.135] определяем $v_т$ = 12 м/мин; $N_т$ = 0,78 кВт; $P_т$ = 55 Н, $M_{крт}$ = 2,8 Н·м, $M_{рт}$ = 20,4 Н·м. Подача при нарезании резьбы метчиком равна шагу нарезаемой резьбы, то есть $S_{Oт}$ = P. $S_{Oт}$ = 2 мм/об.

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.12.

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.7.

$$n_{сверления} = \frac{1000 \cdot 19,4}{\pi \cdot 15,5} = 398 \text{ об/мин;}$$

$$n_{чистовое\ развертывание} = \frac{1000 \cdot 15,6}{\pi \cdot 16} = 310 \text{ об/мин;}$$

$$n_{нарезание\ резьбы} = \frac{1000 \cdot 12}{\pi \cdot 16} = 239 \text{ об/мин.}$$

Значения n_m для каждого перехода сведены в таблицу 2.12.

Таблица 2.12 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{От}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,39	19,4	1,64	6128	398
Чистовое развёртывание	0,68	15,6	0,37	17,8	310
Нарезание резьбы	2	12	0,78	55	239

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52. Значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.141-150]

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);
- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);
- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твердый сплав);
- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);
- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);
- $K_{V_К}{}^*$=1 (степень точности резьбы 6);
- $K_{Nм} = K_{Pм} = 1{,}05$;
- $K_{Ni} = 3{,}1$ для чистового развертывания;
- $K_{Pi} = 4{,}5$ для чистового резвертывания.

Сверление:

Подачу корректируем по формуле 2.9:

$$S_O=0{,}39\cdot1{,}05=0{,}409 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируем по формуле 2.10:

$$V=19{,}4\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=44{,}81 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 44{,}81}{\pi \cdot 15{,}5} = 920 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 0{,}409 \cdot 920 = 376{,}86 \text{ мм/мин.}$$

Развёртывание чистовое

Подачу корректируем с учётом коэффициента по формуле 2.9:

$$S_O = 0{,}68 \cdot 1{,}05 = 0{,}714 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируется по формуле 2.10:

$$V = 15{,}6 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 36{,}04 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 36{,}04}{\pi \cdot 16} = 272 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 0{,}714 \cdot 272 = 194 \text{ мм/мин.}$$

Нарезание резьбы

Скорость резьбонарезания корректируется по формуле 2.12:

$$V = 12 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 12{,}6 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 12{,}6}{\pi \cdot 16} = 251 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 2 \cdot 251 = 502 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

Для сверления и резьбонарезания мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 – 2.14.

Для чистового чистового развёртывания мощность и осевая сила определяется по формулам 2.15 – 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$N = \frac{1,64}{1,05} = 1,56 \text{ кВт.}$$

- мощность для резьбонарезания:

$$N = \frac{0,78}{1,05} = 0,74 \text{ кВт.}$$

- мощность для чистового развёртывания:

$$N = 0,37\frac{3,1}{1,05} = 1,09 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$P = \frac{6128}{1,05} = 5836 \text{ Н.}$$

- осевая сила для резьбонарезания:

$$P = \frac{55}{1,05} = 52 \text{ Н.}$$

- осевая сила для чистового развёртывания:

$$P = 17,8\frac{4,5}{1,05} = 76 \text{ Н.}$$

Расчёт режимов резания для размера 12 – $200h12(_{-0,46})$

Выбор стадии обработки фрезерования

Выбор размера между обработанными торцами соответствует 12-му квалитету. По карте 54 (позиция № 5, индекс «в») [8, с.175] определяем, что для получения размера $200h12(_{-0,46})$ необходимо выполнение получистовой (II) стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 (позиция № 9, индекс «г») [8, с.174] определяем глубину резания для II стадии обработки $t_{II} = 2,00$ мм (деталь 12 квалитета, заготовка 13).

Выбор инструмента

По приложениям 3-11 [8, с.265-277] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая D=125, материал режущей части Т15К6, число зубьев z = 8, φ=67°.

Выбор подачи

Подачу на зуб для получистовой стадии обработки выбираем по карте 57 (позиция № 1, индекс «в») [8, с.180] $S_{Z_{II_T}} = 0{,}16$ мм/зуб.

По картам 60 и 66 [8, с.183-195] определяем поправочные коэффициенты на подачу для получистовой стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{S_М}$=1,10;
- материала режущей части $К_{S_И}$=1,00;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормированной $К_{S_В}$=1,0;
- главного угла в плане $К_{S_\varphi}$=1,00;
- способа крепления пластины $К_{S_Р} = 1{,}20$;
- схемы установки фрезы $К_{S_С} = 1{,}00$;
- выбранного критерия износа фрезы $К_{S_{h_з}} = 1{,}00$;
- группы обрабатываемости материала $К_{S_О}$=1,00;

С учётом определённых поправочных коэффициентов для получистовой стадии определяем подачу по формуле 2.4:

$$S_z = 0{,}16 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 0{,}21 \text{ мм/зуб}$$

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z = 0{,}05$ мм/зуб (карта 61, позиция 1, индекс «д») [8, с.186]. С учётом поправочного коэффициента в зависимости от твёрдости обрабатываемого материала ($К_{S_М}$=1,00) подача по шероховатости будет равна $S_z = 0{,}05 \cdot 1{,}00 = 0{,}05$ мм/зуб.

Для получистовой стадии обработки окончательно принимаем минимальное значение подачи S_z= 0,05 мм/зуб.

Таким образом минутная подача будет равна:

$$S_м = 0{,}05 \cdot 8 = 0{,}4 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 65 [8, с.186].

Для получистовой стадии обработки V_{II_T} = 327 м/мин (позиция № 8, индекс «б»).

Выбранные скорости резания корректируются с учётом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{V_М}$=1,10;

- материала режущей части $К_{V_И}$=1,00;

- состояния поверхности $К_{V_П}$=1,00;

- главного угла в плане $К_{V_\varphi}$=1,00;

- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы главного угла в плане $К_{V_В}$=1,00;

- периода стойкости режущей части фрезы главного угла в плане $К_{V_Т}$=1,00;

- способа крепления пластины $К_{V_Р} = 1{,}20$;

- наличия охлаждения $К_{V_Ж}$=1,00;

- группы обрабатываемости материала $К_{V_0}$=1,00.

Выбранные скорости резания корректируются с учётом определённых поправочных коэффициентов по формуле 2.6:

$$V = 327 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 431{,}64 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 431{,}64}{\pi \cdot 125} = 1010 \text{ об/мин.}$$

Расчёт режимов резания для размера 13 – 188h12($_{-0,46}$)

Выбор стадии обработки фрезерования

Выбор размера между обработанными торцами соответствует 12-му квалитету. По карте 54 (позиция № 5, индекс «в») [8, с.174] определяем, что для получения размера 188h12($_{-0,46}$) необходимо выполнение получистовой (II) стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 (позиция № 9, индекс «г») [8, с.175] определяем глубину резания для II стадии обработки t_{II} = 2,00 мм (деталь 12 квалитета, заготовка 13).

Выбор инструмента

По приложениям 3-11 [8, с.165-277] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая D=125, материал режущей части Т15К6, число зубьев z = 8, φ=67°.

Выбор подачи

Подачу на зуб для получистовой стадии обработки выбираем по карте 57 (позиция № 1, индекс «в») $S_{Z_{II_T}} = 0{,}16$ мм/зуб.

По картам 60 и 66 [8, с.183-195] определяем поправочные коэффициенты на подачу для получистовой стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{S_М}$=1,10;
- материала режущей части $К_{S_И}$=1,00;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормированной $К_{S_В}$=1,0;
- главного угла в плане $К_{S_\varphi}$=1,00;
- способа крепления пластины $К_{S_Р} = 1{,}20$;
- схемы установки фрезы $К_{S_С} = 1{,}00$;
- выбранного критерия износа фрезы $К_{S_{h_з}} = 1{,}00$;
- группы обрабатываемости материала $К_{S_О}$=1,00.

С учётом поправочных коэффициентов подачу определяем по формуле 2.4 для получистовой стадии:

$$S_z = 0{,}16 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 0{,}21 \text{ мм/зуб}$$

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z = 0{,}05$ мм/зуб (карта 61, позиция 1, индекс «д») [8, с.186]. С учетом поправочного коэффициента в зависимости от твердости обрабатываемого материала ($К_{S_М}$=1,00) подача по шероховатости будет равна $S_z = 0{,}05 \cdot 1{,}00 = 0{,}05$ мм/зуб.

Для получистовой стадии обработки окончательно принимаем минимальное значение подачи S_z= 0,05 мм/зуб.

Минутная подача будет равна:

$$S_М = 0{,}05 \cdot 8 = 0{,}4 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 65 [8, с.186].

Для получистовой стадии обработки V_{II_T} = 327 м/мин (позиция № 8, индекс «б»).

Выбранные скорости резания корректируются с учётом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{V_М}$=1,10;

- материала режущей части $К_{V_И}$=1,00;

- состояния поверхности $К_{V_П}$=1,00;

- главного угла в плане $К_{V_\varphi}$=1,00;

- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы главного угла в плане $К_{V_В}$=1,00;

- периода стойкости режущей части фрезы главного угла в плане $К_{V_Т}$=1,00;

- способа крепления пластины $К_{V_Р} = 1{,}20$;

- наличия охлаждения $К_{V_Ж}$=1,00;

- группы обрабатываемости материала $К_{V_0}$=1,00.

С учётом поправочных коэффициентов скорость резания определяют по формуле 2.5 для чистовой стадии:

$V = 327 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00$ = 392 м/мин.

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000 \cdot 392}{\pi \cdot 125} = 1000 \text{ об/мин.}$$

Расчёт режимов резания для размера 56 – Ø32Н10($^{+0,1}$)

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [8, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 32 мм 10-ого квалитета с Ra = 6,3 мкм маршрут обработки включает сверление, рассверливание, чистовое зенкерование (карта 44, лист 3, позиция № 3, индекс «в»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переход зенкерования определяют по карте 45 [8, с.125] и корректируют с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент K_{ti}). Для данного случая глубина резания при чистовом зенкеровании t=0,48мм (поз. №6, инд. «в»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкерованием был переход рассверливания. Для этого случая поправочный коэффициент K_{ti}=1,09. Окончательно глубина резания для перехода получистовое зенкерование t=0,48·1,09=0,52 мм.

Глубина резания для перехода «сверление» принимается равной половине диаметра сверла t=0,5·32=16 мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.8.

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- получистовое зенкерование D = 32 мм;
- рассверливание D = 32 – 2·0,52=30,96 мм
- сверление D = 30,96 – 2 · 0,21 = 30,54 мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- получистовое зенкерование D = 32 мм;
- рассверливание D =30,9 мм
- сверление D = 30,5 мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46…51 [8, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре D = 30,5 мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру l/D = 2,5, ближайшие большие табличные значения $D_т$ = 32 мм, l/D = 3. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «н», «о», «п», «р») определяем $S_{Oт}$ = 0,47 мм/об; $v_т$ = 15,5 м/мин; $N_т$ = 3,22 кВт; $P_т$ = 14696 Н.

- рассверливания при диаметре D=30,9 мм ближайшие табличные значения: диаметр отверстия для обработки до $Do_т$ = 32 мм, диаметр обрабатываемого отверстия до $D_т$ = 40 мм. Для этих значения по карте 47, лист 1 (позиция №1, индекс «а», «б», «в», «г») $S_{Oт}$ = 0,95 мм/об; $v_т$ = 17,3 м/мин; $N_т$ = 1,77 кВт; $P_т$ = 3430 Н.

- получистового зенкерования D=32 мм, ближайшие большие табличные значения $D_т$=35 мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 определяем $S_{Oт}$=0,72 мм/об; $v_т$=19 м/мин; $N_т$=1,17 кВт; $P_т$=465 Н (позиция №3, индекс «с», «т», «у», «ф»).

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.13.

Таблица 2.13 – Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{Oт}$, мм/об	$v_т$, м/мин	$N_т$, кВт	$P_т$, Н	n, об/мин
Сверление	0,47	15,50	3,22	14696	162
Рассверливание	0,95	17,30	1,77	3430	178
Зенкерование получистовое	0,72	19,00	1,17	465	189

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания $v_т$ определим по формуле 2.6.

$$n_{сверление} = \frac{1000 \cdot 15,5}{\pi \cdot 30,5} = 162 \text{ об/мин}$$

$$n_{рассверливание} = \frac{1000 \cdot 17,3}{\pi \cdot 30,9} = 178 \text{ об/мин}$$

$$n_{зенкерование\ получистовое} = \frac{1000 \cdot 19}{\pi \cdot 32} = 189 \text{ об/мин}$$

Для каждого перехода данные значения сведены в таблицу 2.13.

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52. Значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [8, с.141-150]:

- $K_{Sм}$=1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);

- $K_{Vм}$ =1,05 (для углеродистой стали 190 НВ);

- $K_{Vз}$ =1,0 (для нормальной формы заточки инструмента);

- $K_{Vж}$ =1,0 (обработка с охлаждением);

- K_{Vm} =1,0 ($T_ф/T_н$=1,0);

- K_{Vw} =1,0 (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);

- K_{Vu} =2,2 (материал инструмента – твердый сплав);

- K_{Vl} =1,0 (сверло по ГОСТ 10903);

- K_{Vn} =1,0 (инструментальный материал без покрытия);

- $К_{Nм} = К_{Pм} = 1{,}05$;

- $К_{Ni} = 1{,}07$ для получистового зенкерования;

- $К_{Pi} = 1{,}1$ для получистового зенкерования.

Сверление:

Подачу корректируем по формуле 2.9 с учётом коэффициента:

$$S_O=0{,}47\cdot1{,}05=0{,}493 мм/об.$$

Скорость корректируем по формуле 2.10:

$$V=15{,}5\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=35{,}81 м/мин.$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot35{,}81}{\pi\cdot30{,}5} = 374 об/мин.$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11.

$$v_s = 0{,}493 \cdot 374 = 184{,}41 мм/мин.$$

Рассверливание

С учётом коэффициентов подача будет:

$$S_O=0{,}95\cdot1{,}05=0{,}998 мм/об.$$

Скорректированная скорость:

$$V=17{,}30\cdot1{,}05\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot1{,}0\cdot2{,}2\cdot1{,}0\cdot1{,}0=39{,}96 м/мин.$$

Частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000\cdot39{,}96}{\pi\cdot30{,}9} = 412 об/мин.$$

Окончательная скорость резания:

$$v_s = 0{,}998 \cdot 412 = 411{,}1 \text{ мм/мин.}$$

Зенкерование получистовое

Подачу корректируем по формуле 2.9:

$$S_O = 0{,}72 \cdot 1{,}05 = 0{,}756 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируется по формуле 2.10:

$$V = 19 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 43{,}89 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.6:

$$n = \frac{1000 \cdot 43{,}89}{\pi \cdot 32} = 437 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.11:

$$v_s = 0{,}756 \cdot 437 = 330{,}06 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

Для сверления и рассверливания мощность и осевая сила определяется по формулам 2.13 и 2.14, для получистового зенкерования по формулам 2.15 и 2.16.

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам:

- мощность для сверления:

$$\mathrm{N} = \frac{3{,}22}{1{,}05} = 3{,}1 \text{ кВт.}$$

- мощность для рассверливания:

$$\mathrm{N} = \frac{1{,}77}{1{,}05} = 1{,}68 \text{ кВт.}$$

- мощность для получистового зенкерования:

$$\mathrm{N} = 1{,}17 \frac{1{,}1}{1{,}05} = 1{,}23 \text{ кВт.}$$

- осевая сила для сверления:

$$\mathrm{P} = \frac{14696}{1{,}05} = 13996 \text{ Н.}$$

- осевая сила для рассверливания:

$$\mathrm{P} = \frac{3430}{1{,}05} = 3266 \text{ Н.}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$P = 465\frac{1,1}{1,05} = 487,1 \text{ Н}.$$

Расчёт режимов резания для размера 63 – $\emptyset 50d11\left(^{-0,08}_{-0,24}\right)$

Выбор инструмента

По приложениям 12 [8, с.288] выбираем следующие параметры инструмента:

- фреза концевая диаметром D=40;
- материал режущей части Т15К6;
- число зубьев z = 4;
- передний угол γ=16°;
- задний угол α=16°;
- передний угол на торцовой части фрезы γ_1=0°;
- задний угол на торцовой части фрезы $\alpha_1 = 6°$.

Выбор стадии обработки

По карте 72, лист 1 [8, с.173] выбираем составляющие показатели числа стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{\delta м}$=1,15;
- число зубьев $К_{\delta z}$=0,65;
- отношения вылета фрезы к диаметру $К_{\delta l}$=1,0;
- отношения ширина фрезерования к диаметру фрезы $К_{\delta В}$=1,0.

Исходя из допуска на выполняемый размер определим показатель числа стадий обработки:

$$К_{со} = \delta \cdot К_{\delta м} \cdot К_{\delta z} \cdot К_{\delta l} \cdot К_{\delta В} \quad (2.17)$$

где δ – допуск выполняемого размера, 0,32 мм.

Таким образом:

$$К_{со} = 0,32 \cdot 1,15 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,24$$

Полученное значение показателя числа стадий обработки является критерием выбора необходимого количества стадий обработки:

$$\frac{П_{макс}}{D} = \frac{П_{мин}}{D} \quad (2.18)$$

где $П_{макс}/П_{мин}$ – максимальный/минимальный припуск на обработку.

$$\frac{3}{40} = 0{,}075 \text{ мм}$$

По карте 72 [8, с.208] требуемая точность может быть достигнута за одну стадию обработки – черновую (позиция №1, индекс «б»).

$$К_{со} = 0{,}24 > 0{,}075$$

Выбор глубины резания

По карте 73 [8, с.207] для $П_{макс}B=3\cdot4=12$ мм^2, то есть достотачно обработки за один рабочий ход (позиция №1, индекс «а»).

Глубина резания будет равна:

$$t = К_i \cdot П_{макс} \quad (2.19)$$

где $К_i$ – коэффициент деления припуска по рабочим ходам, 0,4 (позиция №15, индекс «у»).

Наибольшая глубина резания по рабочим ходам будет равна:

$$t = 0{,}4 \cdot 4 = 1{,}6 \text{ мм.}$$

Выбор подачи

Подачу на зуб для обработки поверхности выбираем по карте 79, лист 2 [8, с.214] (позиция №24, индекс «а») S_{Z_T}=0,21 мм/зуб.

Выбранное значение подачи корректируем с учётов выбранных коэффициентов по формуле 2.20:

$$S_z = S_{ZT} \cdot К_{S_М} \cdot К_{S_И} \cdot К_{S_Z} \cdot К_{S_l} \quad (2.20)$$

По карте 82 [8, с.218] определяем поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{S_М}$=1, 0;
- материала режущей части $К_{S_И}$=1, 0;
- отношения фактического числа зубьев к нормированному $К_{S_Z}$=1,0;
- отношения вылета фрезы к диаметру $К_{S_l}$=1,00;

С учётом определённых поправочных коэффициентов определяем подачу:

$$S_z = 0{,}21 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot = 0{,}21 \text{ мм/зуб}$$

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z = 0{,}16$ мм/зуб (карта 83, позиция 17, индекс «в») [8, с.219].

Окончательно принимаем минимальное значение подачи S_z= 0,16 мм/зуб.

Минутная подача будет равна:

$$S_М=0{,}16\cdot4=0{,}64 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 84 [8, с.220] $V_Т$=29 м/мин (позиция № 29, индекс «ж»).

Выбранная скорость резания корректируется с учётом поправочных коэффициентов по карте 84 [8, с.222]в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $К_{V_М}$=1,10;
- материала режущей части $К_{V_И}$=1,00;
- состояния поверхности $К_{V_П}$=1,00;
- периода стойкости режущей части фрезы $К_{V_Т}$=1,00;
- наличия охлаждения $К_{V_Ж}$=1,00;
- группы обрабатываемости материала $К_{V_О}$=1,00;
-отношения фактической ширины фрезерования к нормативной $К_{V_В} = 1{,}0$;

Выбранные скорости резания корректируются с учётом определённых поправочных коэффициентов по формуле:

$$V = V_Т \cdot К_{V_М} \cdot К_{V_И} \cdot К_{V_П} \cdot К_{V_В} \cdot К_{V_Т} \cdot К_{V_Ж} \cdot К_{V_О} \qquad (2.21)$$

Таким образом, скорость резания будет равна:

$$V = 29\cdot1{,}10\cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 = 31{,}9 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.7:

$$n = \frac{1000\cdot31{,}9}{\pi\cdot40} = 254 \text{ об/мин.}$$

2.2.5.2 Расчёт норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

Нормирование каждого вида обработки на металлорежущих станках включает определение:

- основного технологического времени;
- вспомогательного времени: на установку и снятие детали, связанного с переходом на комплекс приёмов, не вошедших в переход, т.е. на управление станком, на измерение обрабатываемой поверхности;
- времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности;
- подготовительно-заключительного времени.

Определим нормы времени для 010 операции.

Переход фрезерования: выполняется размер 200h12($_{-0,46}$).

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле:

$$T_O = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_m} \text{ мин}, \qquad (2.22)$$

где l_o – длина обрабатываемой поверхности, 1100 мм;

l_1 – длина подвода, 5 мм [8, с.294];

(l_2 + l_3) – длина врезания и перебега, 29 мм [8, с.294];

S_m – минутная подача, 404 мм/мин.

$$T_0 = \frac{1100+5+29}{404} = 2{,}8 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время определяется по формуле:

$$T_{MB}=T_{MBи}+T_{MBx}, \text{ мин} \qquad (2.23)$$

где $T_{MBи}$ – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента, 0,15 мин;

T_{MBx} – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических вспомогательных ходов и технологические паузы, 0,116 мин.

$$T_{MB}=0{,}15+0{,}116 = 0{,}266 \text{ мин}$$

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется:

$$T_{ц.а.}=T_о+T_{МВ}, \text{ мин} \quad (2.24)$$

$$T_{ц.а.}= 2,8+0,266=3,1 \text{ мин}$$

Вспомогательное время складывается из составляющих:

$$T_В=T_{уст}+Тв_{.оп}+T_{из.}, \quad (2.25)$$

где $T_{уст}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали ([12], карта 13/1, поз.17, $T_{уст}$=8,2 мин);

$T_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией ([12], карта, 14 поз.1 5, 6, $T_{в.оп}$=0,6 мин);

$T_{из}$ – вспомогательное время на контрольное измерение. В данном случае $T_{из}$ =0, так как контроль размеров будет проводиться на последнем переходе, то есть после фрезеровании поверхности.

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_В=8,2+0,6=8,8 \text{ мин}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от операционного времени ([12], карта 16, поз.39):

$$a_{орг}+a_{тех}+a_{отл}= 10\%.$$

Окончательно норма штучного времени:

$$T_ш = (T_{ц.а.} + T_В)\cdot\left(1+\frac{a_{тех}+a_{орг}+a_{отл}}{100}\right), \text{мин.} \quad (2.26)$$

$$T_ш=(2,8+8,8)\cdot 1,1=12,76 \text{ мин.}$$

Следующим получаемым размеров на данной операции является размер М24-6Н-30х40. Данный размер получается в результате выполнения нескольких этапов:

- сверления;
- чистовое зенкерование;
-чистовое развёртывание;
- нарезание резьбы.

При сверлении l_o=45 мм, l_1=3 мм [8, с.293], (l_2 + l_3)=0 мм [8, с.293], S_m=285 мм/мин.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 22:

$$T_0 = (\frac{45+3}{285}) \cdot 6 = 1{,}01 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время T_{MB}= 0,266 мин.

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.24:

$$T_{ц.а.} = 1{,}01+0{,}266=1{,}28 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали равно 0;

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп}$=0,6 мин [12, с. 71];

Вспомогательное время на контрольное измерение $T_{из}$=0, так как контроль размеров будет проводиться на последнем переходе, то есть после фрезерование поверхности.

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_B=0{,}6 \text{ мин}$$

Таким образом, окончательно норма штучного времени:

$$T_ш=(1{,}28+0{,}6)\cdot 1{,}1=1{,}88\text{мин.}$$

При чистовом зенкеровании l_o=40 мм, l_1=3 мм [8, с.293], (l_2 + l_3)=3 мм [8, с.293], S_m=418 мм/мин.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 22:

$$T_0 = (\frac{40+3+3}{418}) \cdot 6 = 0{,}66 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время T_{MB}= 0,266 мин.

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.24:

$$T_{ц.а.} = 0{,}66+0{,}266=0{,}93 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали равно 0;

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп}$=0,6 мин [12, с. 71];

Вспомогательное время на контрольное измерение $T_{из}$=0, так как контроль размеров будет проводиться на последнем переходе, то есть после фрезерование поверхности.

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_B=0,6 \text{ мин}$$

Таким образом, окончательно норма штучного времени:

$$T_ш=(0,93+0,6)\cdot 1,1=1,69 \text{ мин.}$$

При чистовом развёртывании l_o=40 мм, l_1=3 мм [8, с.293], (l_2 + l_3)=3 мм [8, с.293], S_m=272 мм/мин.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 22:

$$T_0 = (\frac{40+3+3}{272}) \cdot 6 = 1,01 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время T_{MB}= 0,266 мин.

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.24:

$$T_{ц.а.}= 1,01+0,266=1,28 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали равно 0;

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп}$=0,6 мин [12, с. 71];

Вспомогательное время на контрольное измерение $T_{из}$=0, так как контроль размеров будет проводиться на последнем переходе, то есть после фрезерование поверхности.

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_B=0,6 \text{ мин}$$

Таким образом, окончательно норма штучного времени:

$$T_ш=(1,28+0,6)\cdot 1,1=2,07 \text{ мин.}$$

При нарезании резьбы l_o=30 мм, l_1=3 мм [8, с.293], (l_2 + l_3)=4 мм [8, с.293], S_m=549 мм/мин.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 22:

$$T_0 = (\frac{30+3+4}{549}) \cdot 6 = 0{,}4 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время $T_{МВ}$= 0,266 мин.

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.24:

$$T_{ц.а.} = 0{,}4+0{,}266=0{,}67 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали равно 0;

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп}$=0,6 мин [12, с. 71];

Вспомогательное время на контрольное измерение $T_{из}$=0, так как контроль размеров будет проводиться на последнем переходе, то есть после фрезерование поверхности.

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_В=0{,}6 \text{ мин}$$

Таким образом, окончательно норма штучного времени:

$$T_ш=(0{,}67+0{,}6)\cdot 1{,}1=1{,}40 \text{ мин.}$$

Далее в данной операции фрезеруется поверхность с размером 306h12.

При выполнении этого размера l_o=900 мм, l_1=5 мм [8, с.294], (l_2 + l_3)=21 мм [8, с.293], S_m=1985 мм/мин.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 22:

$$T_0 = (\frac{900+5+21}{1985}) = 0{,}49 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время $T_{МВ}$= 0,266 мин.

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.24:

$$T_{ц.а.} = 0{,}49+0{,}266=0{,}76 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали равно 0;

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп}$=0,6 мин [12, с. 71];

Вспомогательное время на контрольное измерение $T_{из}$=1,4 [12, с. 80].

Суммарное вспомогательное время равно:

$$T_В=0{,}6+1{,}4=2 \text{ мин}$$

Таким образом, окончательно норма штучного времени:

$$T_ш=(0,46+2)\cdot 1,1=2,74 \text{ мин.}$$

Аналогичным образом рассчитываются все остальные времена для последующих операций.

Все рассчитанные режимы резания и нормы времени сведены в таблицу 2.14.

Таблица 2.14 – Значения параметров режимов резания

Переход	S_o, мм/об	v_T, м/мин	P_T, Н	N_T, кВт	L, мм	i	n, об/мин	Sm, мм/мин	T_O, мин	$T_{ВСП}$, мин	$T_{ШТ}$, мин
010 Операция											
200h12($_{-0,46}$) получистовое фрезерование	0,4	431,64	-	10,1	1100	1	1010	404	2,8	8,8	12,76
М24-6Н-30х45 сверление	0,441	40,66	7912	1,61	45	6	647	285	1,01	0,6	2,07
зенкерование чистовое	0,451	72,76	298,3	1,98	40	6	926	418	0,66	0,6	1,69
развёртывание черновое	1,071	17,56	129,2	0,95	40	6	254	272	1,01	0,6	2,07
нарезание резьбы	3	13,75	134	1,25	30	6	183	549	0,40	0,6	1,40
306h12($_{-0,52}$) получистовое фрезерование	1,2	327,36	-	16,20	900	1	1654	1985	0,49	2	2,74
Время необходимое на выполнение операции 010:											22,73
035 Операция											
Ø25Н7($^{+0,021}$) сверление	0,441	40,66	10157	2,38	30	2	551	243	0,35	8,2	10,93
чистовое зенкерование	0,451	72,76	298,3	1,98	30	2	926	418	0,17	0,16	0,58
Время необходимое на выполнение операции 015:											11,51
040 Операция											
Ø230Н7($^{+0,046}$) чистовое растачивание	0,183	302,4	-	-	306	1	418	76	4,09	12,4	18,7
отделочная	0,15	433,4	-	-	306	1	600	90	3,48	0,18	3,9
30h12($_{-0,52}$) получистовая	0,249	287,23	-	6	30	1	457	114	1,57	0,18	2,51
Ø235Н10($^{+0,183}$) чистовое растачивание	0,183	302,4	-	-	5	2	418	76	0,29	0,18	0,73

Продолжение таблицы 2.14 – Значения параметров режимов резания

275h12($_{-0,52}$) получистовое фрезерование	1,2	297,6	-	16,20	1570	1	1076	194	8,39	0,18	8,83
Ø39H11($^{+0,16}$) сверление	0,556	33,73	18701	3,90	45	6	291	162	2,48	0,18	2,93
рассверливание	0,998	39,96	3266	1,68	45	6	341	341	0,95	0,18	1,39
получистовое зенкерование	0,808	43,66	484	1,32	45	6	356	288	1,08	0,18	1,53
Ø24H12($^{+0,21}$) сверление	0,441	40,65	10157	2,40	45	2	575	254	0,48	0,18	0,93
чистовое зенкерование	0,452	65,60	299	1,57	45	2	871	393	0,26	7,5	8,07
Время необходимое на выполнение операции 025:											49,52
055 Операция											
Ø20H10($^{+0,084}$) сверление	0,420	42,5	7601	2,05	23	4	800	336	0,39	5,47	7,11
зенкерование получистовое	0,567	55,44	364	1,08	23	4	924	524	0,21	0,21	0,69
зенкерование чистовое	0,388	75,07	135	1,16	23	4	1251	485	0,23	0,21	0,70
Ø25H10($^{+0,084}$) сверление	0,240	50,82	5898	1,28	220	1	738	177	1,31	0,21	1,79
зенкерование получистовое	0,640	48,50	404	1,28	220	1	641	410	0,55	0,21	1,03
зенкерование чистовое	0,451	65,61	149	1,19	220	1	835	376	0,6	0,21	1,07
Ø25H10($^{+0,084}$) сверление	0,240	50,82	5898	1,28	145	1	738	177	1,78	0,21	2,26
зенкерование получистовое	0,640	48,50	404	1,28	145	1	641	410	0,73	0,21	1,21
зенкерование чистовое	0,450	65,61	149	1,19	145	1	835	376	0,79	0,21	1,27
Ø30H10($^{+0,084}$) сверление	0,493	35,80	13996	3,1	25	1	340	197	0,2	0,21	0,68
рассверливание	0,998	39,9	3266	1,68	25	1	440	439	0,09	0,21	0,12
зенкерование чистовое	0,756	43,89	487,1	1,23	25	1	466	352	0,13	0,21	0,34
200h12($_{-0,46}$) получистовое фрезерование	0,4	431,64	-	10,10	90	1	1010	404	1,98	0,21	2,5
188h12($_{-0,46}$) получистовое фрезерование	0,4	392,00	-	10,10	167	1	1000	400	3,52	0,21	3,99
Ø32H10($^{+0,1}$) сверление	0,493	35,80	13996	3,1	50	3	374	184	1,05	0,21	1,53
рассверливание	0,998	39,96	3266	1,68	50	3	412	411	0,49	0,21	0,96
зенкерование чистовое	0,756	43,89	487	1,23	50	3	330	249	0,66	0,21	1,13

Продолжение таблицы 2.14 – Значения параметров режимов резания

М16-6Н-30х41 сверление	0,409	44,81	5836	1,56	41	2	920	376	0,27	0,21	0,74
развёртывание чистовое	0,714	36,04	76	1,06	41	2	272	194	0,61	0,21	1,08
нарезание резьбы	2	12,60	52	0,74	30	2	251	501	0,16	0,21	0,63
М16-6Н-30х41 сверление	0,409	44,81	5836	1,56	27	12	920	376	1,16	0,21	1,63
развертывание чистовое	0,714	36,04	76	1,06	27	12	272	194	2,78	0,21	3,26
нарезание резьбы	2	12,60	52	0,74	16	12	251	501	0,76	0,21	1,07
∅50d11 получистовое фрезерование	0,64	31,9	-	2,77	157	1	254	162	0,59	11,8	13,4
Время необходимое на выполнение операции 035:											48,56

Время смены инструмента $T_{сми}$=0,15 мин; инструмент необходимо поменять 20 раз, значит суммарное время на смену инструмента:

$$\sum T_{сми}=20\cdot 0,15=3 \text{ мин.}$$

Время на транспортировку с одной операции на другую $T_{тр}$=6 мин. За время обработки деталь необходимо перенести с одного станка на другой 2 раза, значит суммарное время на транспартировку:

$$\sum T_{п}=6\cdot 2=12 \text{ мин.}$$

Суммарное штучное время полной обработки одной заготовки:

$$\sum T_{ш}=22,73+11,51+49,52+48,56+3+12= 132,32 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время рассчитывается как сумма слагаемых:

$$T_{пз}=T_{оснащ}+T_{налад}+T_{инструкт} \quad (2.27)$$

где, $T_{оснащ}$ – время на получение инструмента, оснастки и документации. Принято 10 мин;

$T_{инструкт}$ – время на инструктаж рабочего. Принято 3 мин;

$T_{налад}$ – время на наладку оборудования. Рассчитывается как сумма следующих параметров:

$$T_{налад}=i\cdot T_{инструм}+T_{креп}+T_{подгот} \quad (2.28)$$

где, i – количество инструмента, 6шт;

$T_{инструм}$ – время на единицу инструмента, принята 1,5 мин;

$T_{креп}$ – слагаемое времени, зависящее от способа крепления заготовки (заготовка крепится на столе при помощи прихватов, $T_{креп}$=8 мин);

$T_{подгот}$ – время на подготовку (загрузка программы $T_{подгот}$=3 мин);

$$T_{налад}=6\cdot1{,}5+8+3=20 \text{ мин.}$$

Подставим все известные данные в формулу 2.28 и определим время подготовительно заключительной работы:

$$T_{пз}=10+3+20=33 \text{ мин.}$$

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Ввиду разнообразия технологических процессов, конструктивных форм и размеров обрабатываемых изделий и других факторов, номенклатура применяемых приспособлений весьма разнообразна. Однако, несмотря на различия в конструктивном оформлении, приспособления имеют практически одинаковую структуру, куда входят различные элементы, механизмы и детали:

1. Установочные элементы (опоры). Служат для ориентации заготовки или детали в пространстве при обработке, сборке или контроле.

2. Зажимные элементы и устройства. Предназначены для обеспечения надёжного контакта базовых поверхностей заготовок с установочными элементами приспособлений и предупреждения их смещения при обработке.

3. Силовые приводы. Обеспечивают воздействие зажимных элементов на закрепляемую заготовку с заданной силой.

4. Элементы для определения положения и направления инструментов. Служат для постановки обрабатывающего инструмента в требуемое положение.

5. Корпусы. Базовые, наиболее ответственные элементы, с помощью которых все детали и устройства приспособлений объединяются в единое устройство.

6. Вспомогательные устройства и элементы. Служат для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия приспособлений, удобства управления и их обслуживания.

Для расширения технологических возможностей станка, повышения производительности и точности при обработке заготовок, облегчения условий труда на станке применяют станочные приспособления.

Устанавливаемая на обрабатывающий центр заготовка должна занимать определённое положение по отношению к режущему инструменту. От установки заготовки зависят точность обработки и взаимное расположение обработанных поверхностей. Кроме того, заготовка должна быть прочно и надёжно закреплена.

Так как заготовка имеет цилиндрическую форму, то на операциях 010, 015 рационально использовать для её базирования призму (рисунок 3.1). Данный вариант закрепления обеспечивает высокую точности обработки, взаимное расположение обработанных поверхностей, а также снижается время на установку и зажим заготовок.

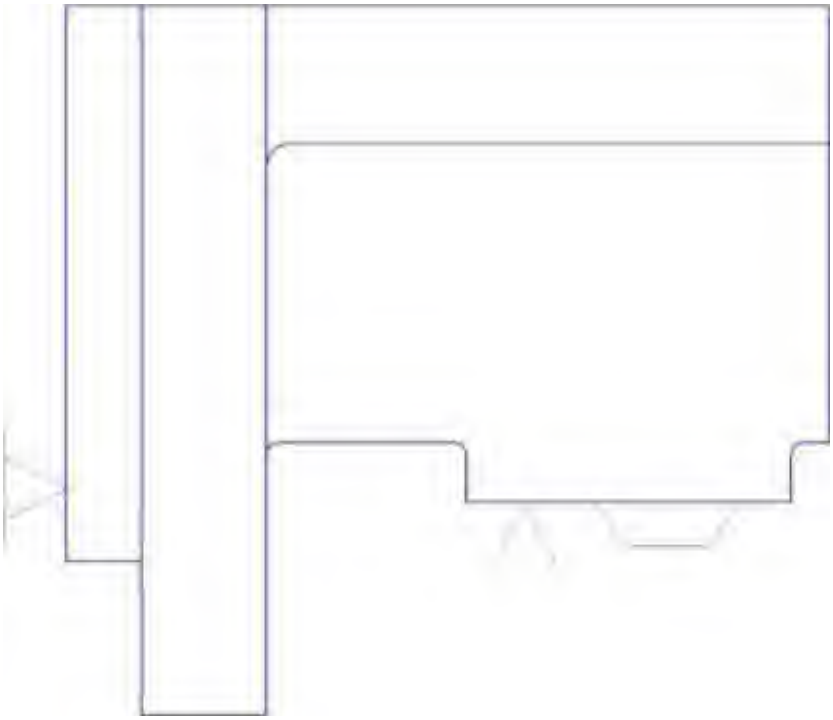

Рисунок 3.1 – Базирование детали «корпус подшипника» в призме

В качестве основной базы принимается двойная направляющая база – призма, отнимающая 4 степени свободы: два вращения и два перемещения. Заготовка прижимается по торцу к упору, который является опорной базой, отнимающий одно перемещение и препятствует сдвигу детали вперёд при фрезеровании.

На 040 операции обработка заготовки детали «корпуса подшипника» ведётся совместно с деталью «крышка подшипника». Так как данные заготовки по наружной поверхности образуют несимметричную поверхность, то целесообразно вести обработку в четырехкулачковм патроне (рисунок 3.2).

Четырехкулачковый патрон лишает заготовку пяти степеней свободы, создавая двойную направляющую базу – ось вращения заготовки и опорную базу (передавая заготовки крутящий момент при обработке). Шестая точка – опорная

база, находится на торцевой поверхности патрона, до упора в которую устанавливается заготовка.

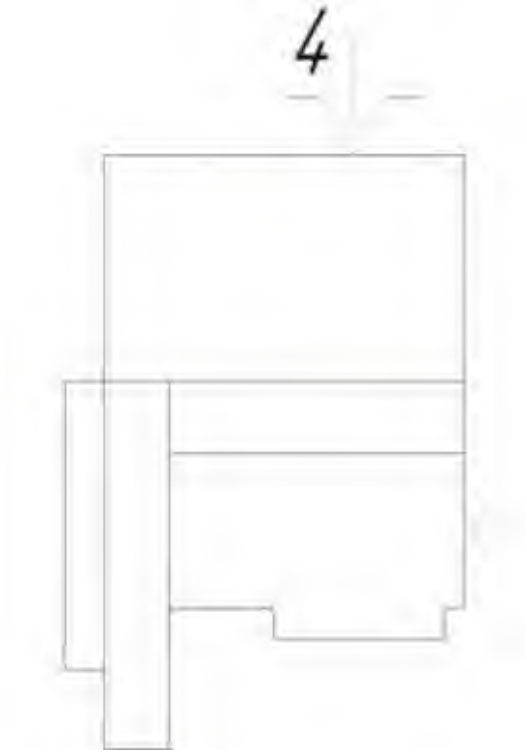

Рисунок 3.2 – Базирование заготовок «корпус подшипника» и «крышки подшипника» в четырехкулачковом патроне

На 055 операции заготовку «корпус подшипника» закрепляют непосредственно на столе станка (рисунок 3.3).

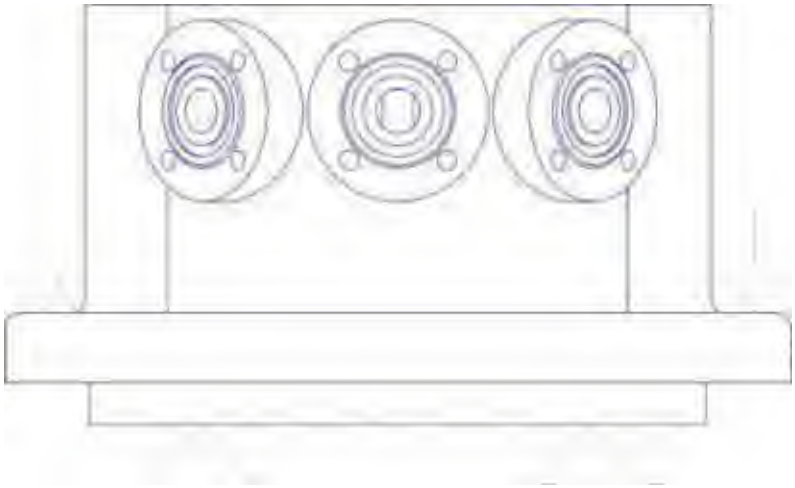

Рисунок 3.3 – Базирование заготовки «корпус подшипника» на столе станка с прихватами

Заготовку устанавливают на торец, который является установочной базой, отнимающий 3 степени свободы: два вращения и одно перемещение. Заготовка

плотно соприкасается с плоскостью стола опорной поверхностью. Для крепления детали к столу используем прихваты, которые прижимаются болтами.

3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.

Выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров при разработке технологического процесса механической обработки заготовки в значительной мере предопределяется методами обработки, требуемой точностью обработки, свойствами обрабатываемого материала и качеством обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, фасонный, комбинированный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащённого твёрдым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твёрдым сплавом.

При изготовлении детали «Корпус подшипника» (рисунок 3.7) используется различный сборный режущий инструмент, состоящий из державок и сменных твёрдосплавных пластин.

Державки выполнены из конструкционной стали, что позволяет экономить инструментальный материал. Также достоинством выбранных державок является то, что они сохраняют работоспособность при смене многогранных пластин до четырёхсот раз.

Пластины из титано-вольфрамового сплава Т5305 (отечественный аналог – Т15К6) легко справляются с обработкой данной заготовки. Пластины имеют

несколько рабочих частей, что позволяет рационально использовать дорогостоящий инструментальный материал.

При изготовлении детали «корпус подшипника» для обработки поверхности 5 (рисунок 3.4) разрабатывается расточная оправка. Для остальных операций применим современный режущий инструмент.

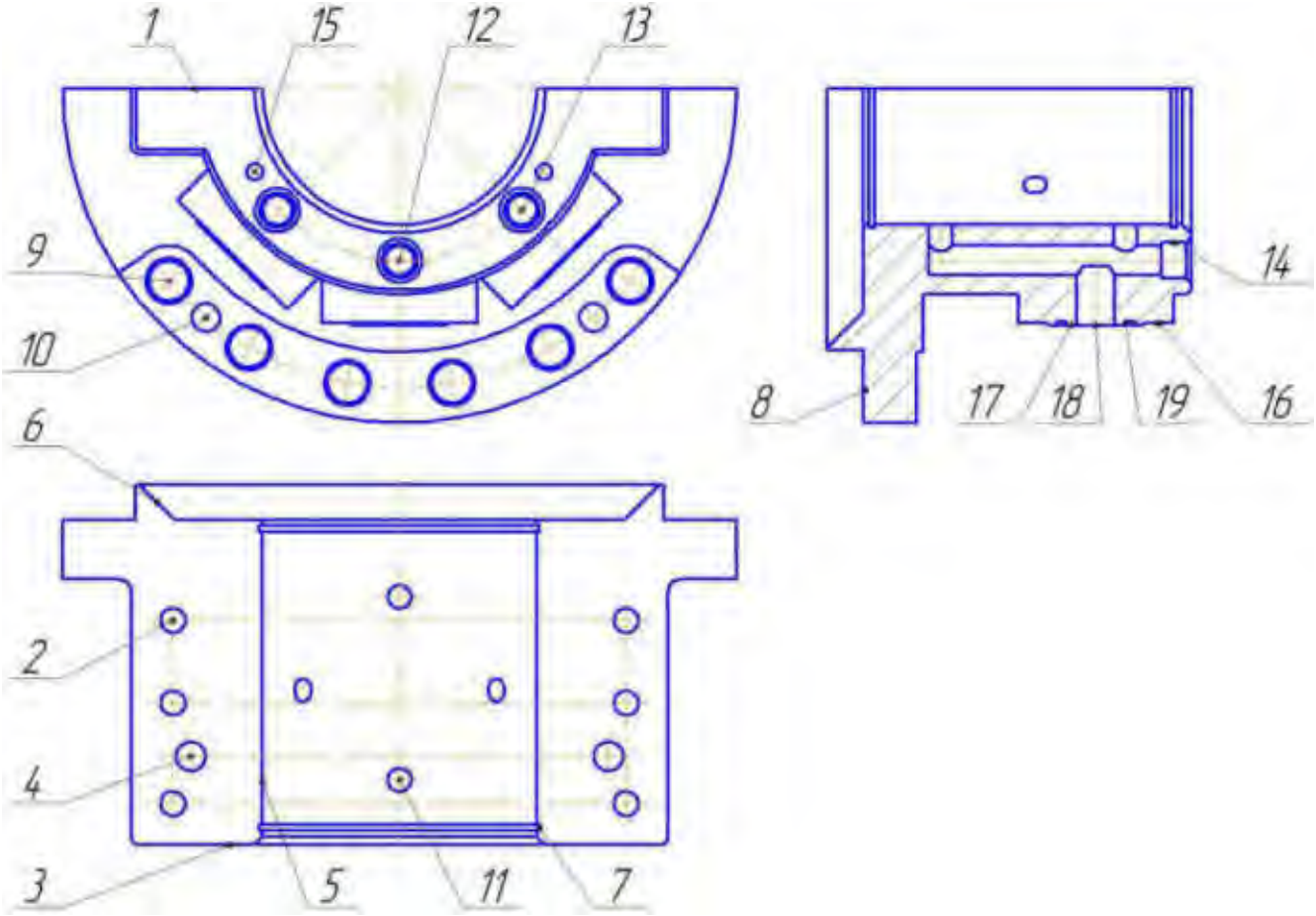

Рисунок 3.4 – Эскиз детали «корпус подшипника» с номерами обрабатываемых поверхностей

Для обработки плоскости заготовки под номером 1, 16, 17 применим торцевую фрезу фирмы Sandvik Coromant 345-125Q40-13HX Ø125 представленную на рисунке 3.5 с режущей пластиной 345R-1305E-KM (рисунок 3.6)

Для сверления отверстий 2 применяется сверло 880-D2000C5-04 со сменными пластинами 880-01 02 W04H-P-GR фирмы Sandvik Coromant, представлено на рисунке 3.7, зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.S фирмы WALTER (рисунок 3.8), развёртка 435.B-2000-A1-XF фирмы Sandvik Coromant (рисунок 3.9) и метчик E447M24 фирмы Sandvik Coromant (рисунок 3.10).

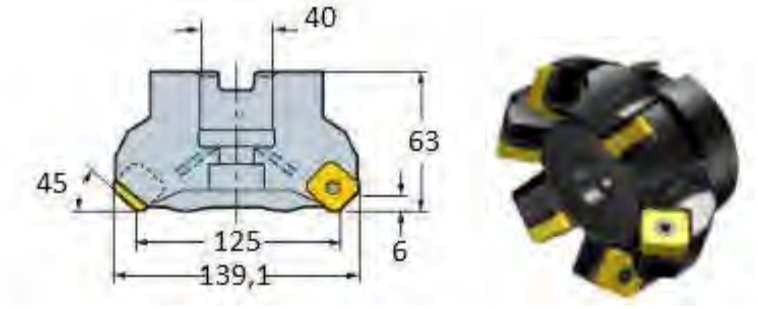

Рисунок 3.5 – Торцевая фреза 345-125Q40-13HX

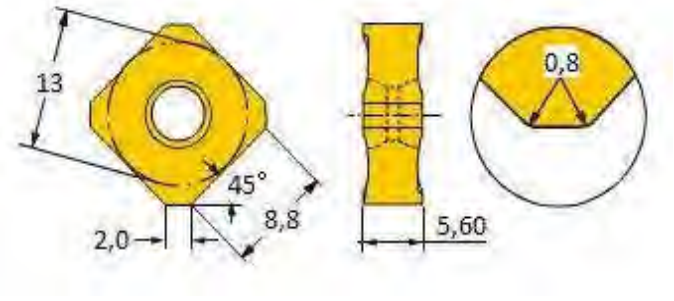

Рисунок 3.6 – Режущая пластина 345R-1305E-KM

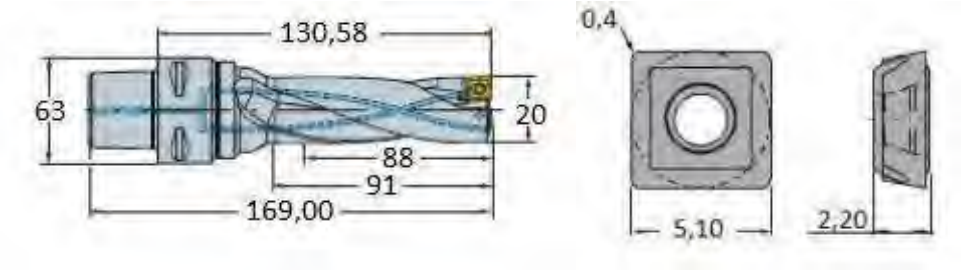

Рисунок 3.7 – Сверло 880-D2000C5-04 со сменными пластинами 880-01 02 W04H-P-GR

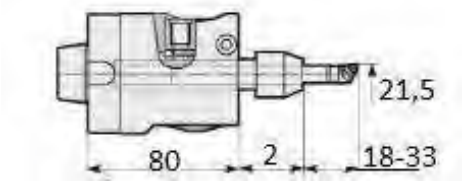

Рисунок 3.8 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.S

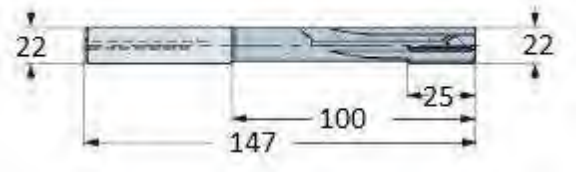

Рисунок 3.9 – Развёртка 435.B-2000-A1-XF

Рисунок 3.10 – Метчик E447M24

Для обработки поверхности 3, применяется торцевая фреза фирмы Sandvik Coromant R245-063Q22-12H (рисунок 3.11) со сменной пластиной R245-12N3M-PM (рисунок 3.12).

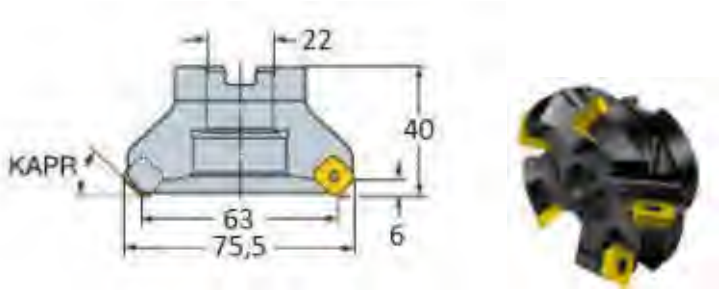

Рисунок 3.11 – Торцевая фреза R245-063Q22-12H

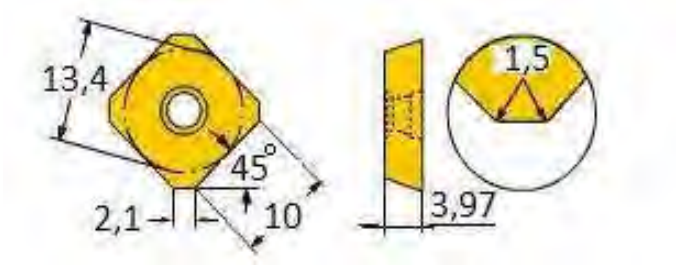

Рисунок 3.12 – Режущая пластина R245-12N3M-PM

Для получения отверстий под номером 4 применим сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D2300C4-03 со сменными пластинами 880-01 02 W04H-P-GR (рисунок 3.13) и зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L фирмы WALTER (рисунок 3.14)

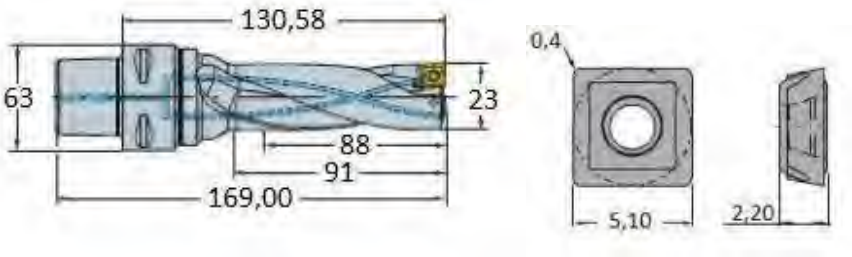

Рисунок 3.13 – Сверло 880-D2300C4-03 со сменными пластинами 880-01 02 W04H-P-GR

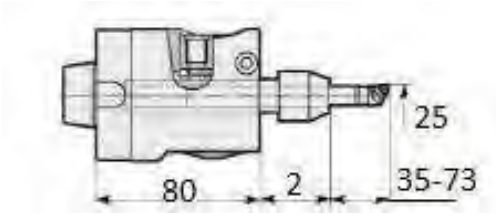

Рисунок 3.14 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L

Для обработки поверхностей 6 применим проходной резец фирмы Sandvik Coromant C8-DCLNL-55080-16 со сменной пластиной CNMG 12-PM4215 (рисунок 3.15).

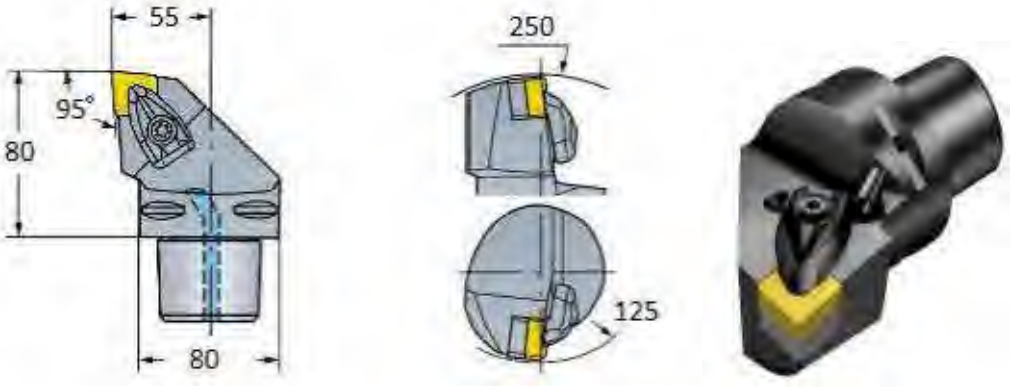

Рисунок 3.15 – Проходной резец C8-DCLNL-55080-16

Для обработки канавок под номером 7 используем резцовые головки C3-RF123E15C22055E фирмы Sandvik Coromant (рисунок 3.16) со сменными пластинами этой же фирмы N123E2-0200-002-GM

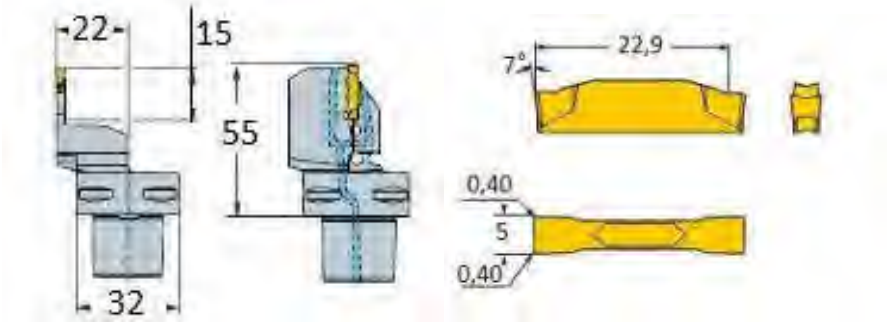

Рисунок 3.16 – Резцовая головка C3-RF123E15C22055E со сменной пластиной N123E2-0200-002-GM

Для поверхности под номером 8 применяем торцевую фрезу Ø80 фирмы Sandvik Coromant 345-080C8-13H со сменной многогранной пластиной 345R-13T5E-ML (рисунок 3.17).

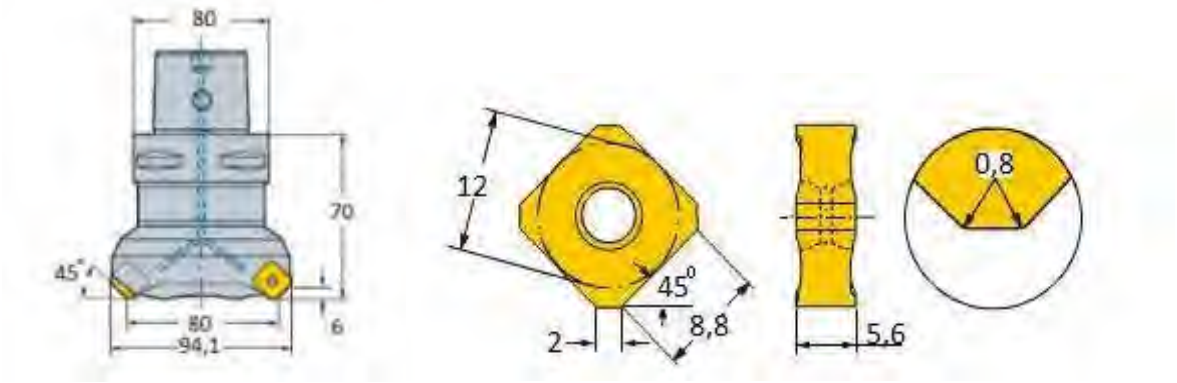

Рисунок 3.17 – торцовая фреза 345-080C8-13H со сменной многогранной пластиной 345R-13T5E-ML

Для отверстия 9 применяется сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D3600C5-03 со сменными пластинами 880-06 04 W08H-P-LM (рисунок 3.18) и зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L фирмы WALTER (рисунок 3.19).

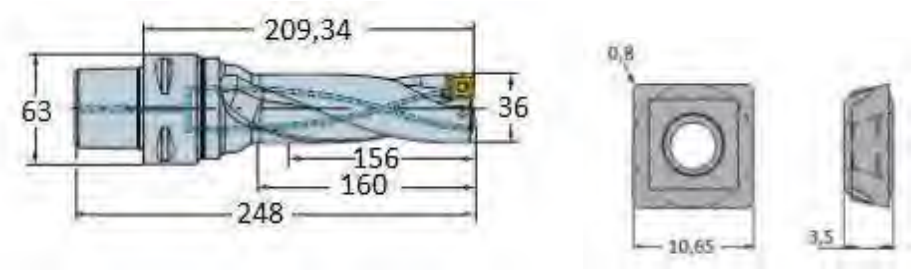

Рисунок 3.18 – Сверло 880-D3600C5-03 со сменными пластинами 880-06 04 W08H-P-LM

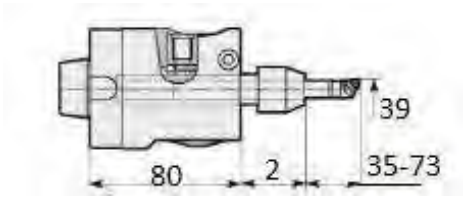

Рисунок 3.19 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L

Для получения отверстия под номером 10 применяем сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D2200C4-03 со сменными пластинами 880-04 03 W07H-P-LM (рисунок 3.20) и зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L фирмы WALTER (рисунок 3.21).

Для отверстия 11 применяется сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D1900C4-03 со сменными пластинами 880-04 03 W07H-P-LM (рисунок 3.23) и зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L фирмы WALTER (рисунок 3.24).

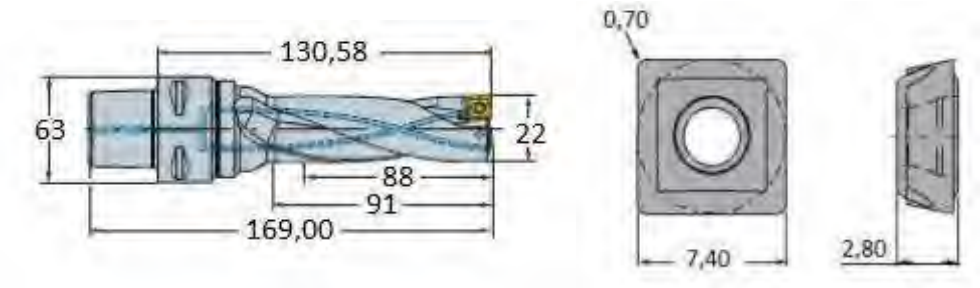

Рисунок 3.20– Сверло 880-D2200C4-03 со сменными пластинами 880-04 03 W07H-P-LM

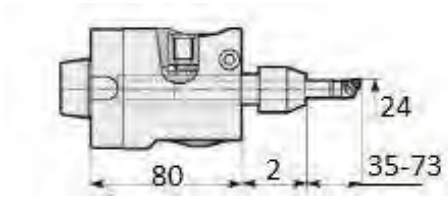

Рисунок 3.21 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L

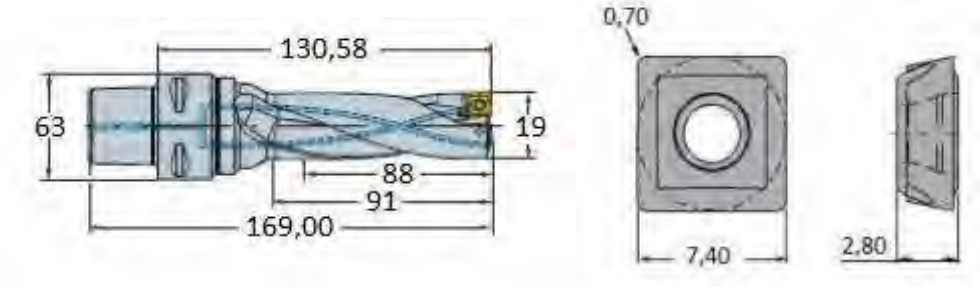

Рисунок 3.23– Сверло 880-D1900C4-03 со сменными пластинами 880-04 03 W07H-P-LM

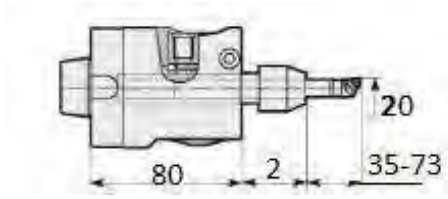

Рисунок 3.24 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L

Для получения отверстий под номерами 12, 13 используем сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D2200C4-03 со сменными пластинами 880-01 02 W04H-P-GR (рисунок 3.25) и зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L фирмы WALTER (рисунок 3.26).

Для отверстия 14 применяется сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D2800C5-03 со сменными пластинами 880-06 04 W08H-P-LM (рисунок 3.27) и зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L фирмы WALTER (рисунок 3.28).

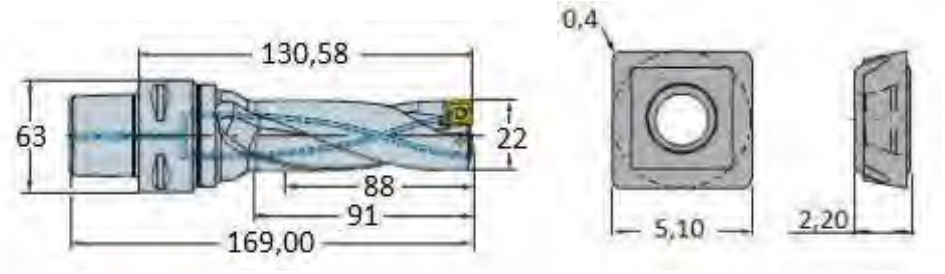

Рисунок 3.25 – Сверло 880-D2200C5-04 со сменными пластинами 880-01 02 W04H-P-GR

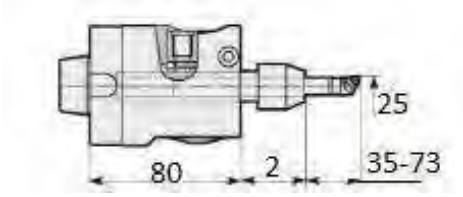

Рисунок 3.26 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L

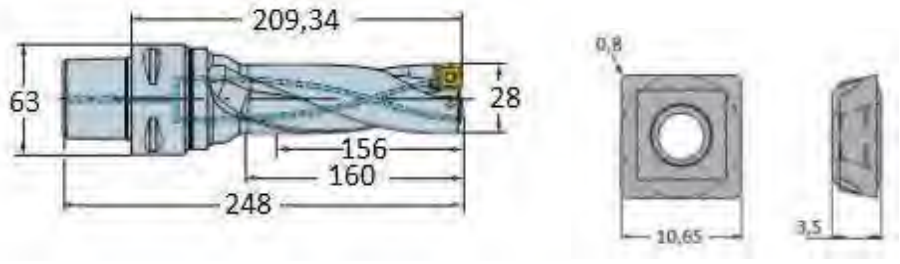

Рисунок 3.27 – Сверло 880-D2800C5-03 со сменными пластинами 880-06 04 W08H-P-LM

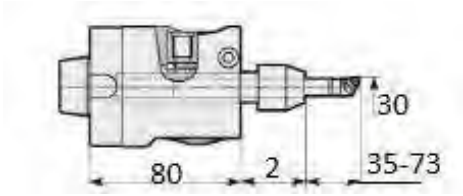

Рисунок 3.28 – Зенкер B4030.T45,09-12.Z1.WC03.L

Для выполнения размера 15 применим сверло фирмы Sandvik Coromant 880-D1200C4-03 со сменными пластинами 880-01 04 W04H-P-LM (рисунок 3.29)

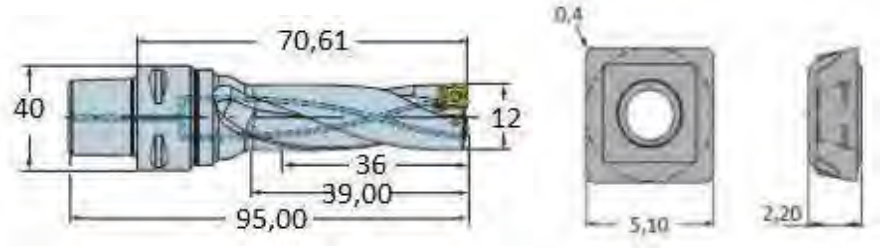

Рисунок 3.29 – Сверло 880-D1200C4-03 со сменными пластинами 880-01 04 W04H-P-LM

Для нарезания резьбы М16 – 6Н в отверстии 55 применим метчик фирмы Sandvik Coromant E447M16, который представлен на рисунке 3.30.

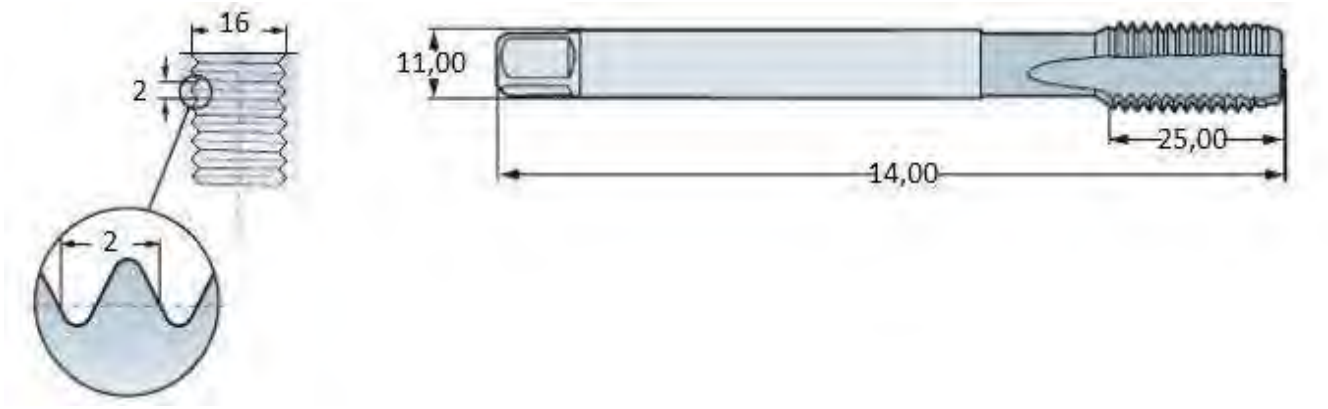

Рисунок 3.30 – Метчик E447M14

Для фрезеровании поверхности 19 применим фрезу 490-040C4-08M со сменной многогранной пластиной 490R-140420E фирмы Sandvik Coromant (рисунок 3.31)

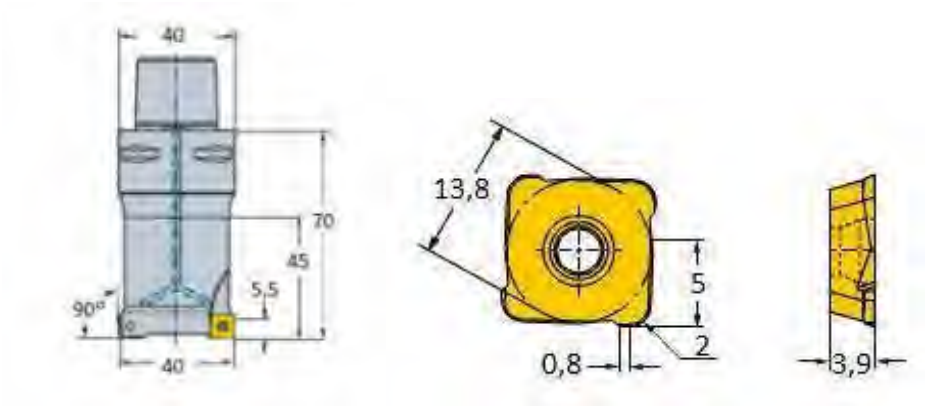

Рисунок 3.31 – концевая фреза 490-040C4-08M со сменной многогранной пластиной 490R-140420E

Таким образом, был выбран режущий инструмент для обработки заданной детали.

3.3 Проектирование расточной оправки

Проектируемый инструмент будет использоваться для обработки внутренней цилиндрической поверхности 5 с диаметром 230 мм.

Выберем материал режущей части.

Заготовка выполнена из материала Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87. Чистовая обработка расточным резцом будет производиться в один проход.

Спроектированный резец должен соответствовать следующим требованиям, предъявляемым к режущему инструменту в условиях современного производства:

– возможность работы на высоких скоростях резания;

– длительный период стойкости;

– возможность быстрой смены рабочей части;

– рациональное использование инструментального материала;

– обеспечение необходимой точности обработки.

Для выполнения требований, предъявляемых к резцу, выберем конструкцию резца со сменной многогранной пластиной. В нашем случае пластина будет иметь четыре грани и изготовляться из твёрдого сплава Т5К10. Сплав Т5К10 применяется при точении заготовок с твёрдостью НВ>80.

Определим геометрию режущей части резца.

Предполагается, что обработка заготовки будет происходить с закреплением в патроне при жёсткой системе СПИД.

Определим параметры проектируемого резца [12, карта 9]:

задний угол $\alpha = 12^0$ (чистовая обработка при $\sigma_в$ > 800МПа резцом из твёрдого сплава);

– передний угол $\gamma = 12^0$ (обработка при $\sigma_в$>800МПа);

– угол наклона режущей кромки $\lambda = -3^0$;

– длина фаски l = 0,4мм;

– угол наклона фаски $u = -5^0$.

Эскиз передней поверхности резца представлен на рисунке 3.32.

Спроектируем державку.

Поскольку резец конструируется для использования в условиях обработки внутренней цилиндрической поверхности, с установкой в расточную оправку 6300-4013-02 ГОСТ 25827, державка будет иметь трапецеидальную посадочную поверхность для возможности установки в паз типа «ласточкин хвост». Эскиз державки представлен на рисунке 3.33.

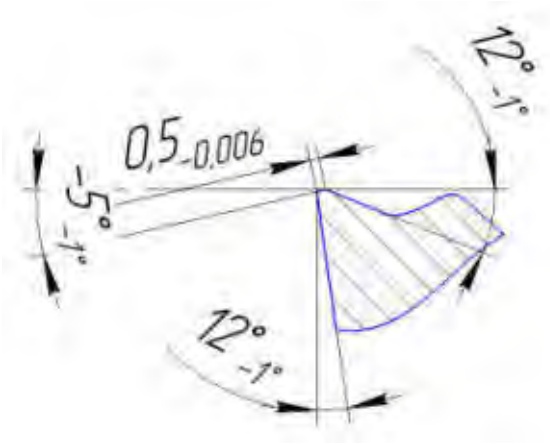

Рисунок 3.32 – Эскиз передней поверхности резца

Рисунок 3.33 – Эскиз державки

Определим геометрические параметры сменной пластины.

Выберем ромбическую пластину по ГОСТ 24249-80 с учётом возможности использования для обработки Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87 и с учётом возможности крепления на выбранной пластине (рисунок 3.34).

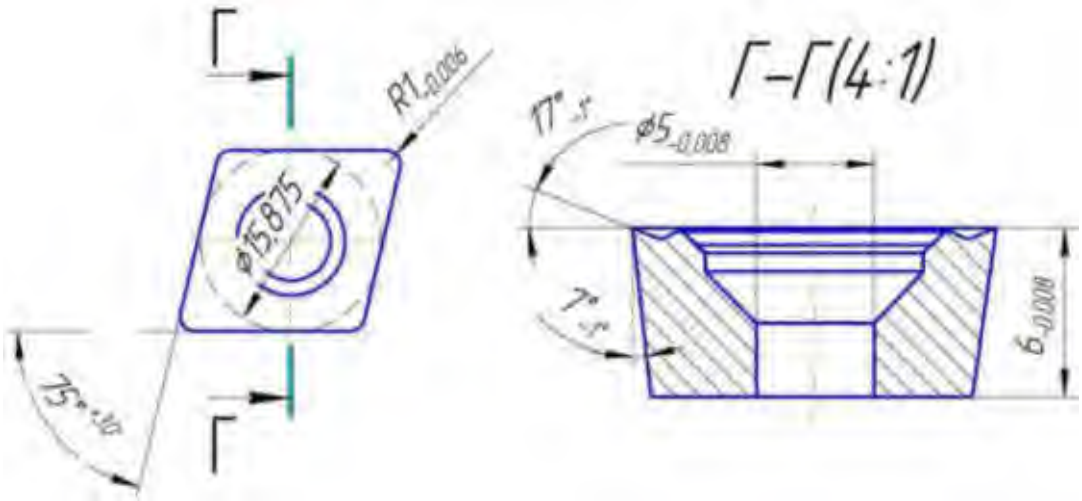

Рисунок 3.34 – Пластина

Определим способ крепления пластины.

Способ крепления пластины – винтом. Это наиболее широко применяемая схема, она более технологична и проста по сравнению с другими. Обеспечивает поджим к базовым поверхностям, т.е. точнее позиционирование пластины в гнезде корпуса.

Пластина базируется в корпусе зенкера по двум сторонам и закрепляется через центральное отверстие. Схема базирования представлена на рисунке 3.35.

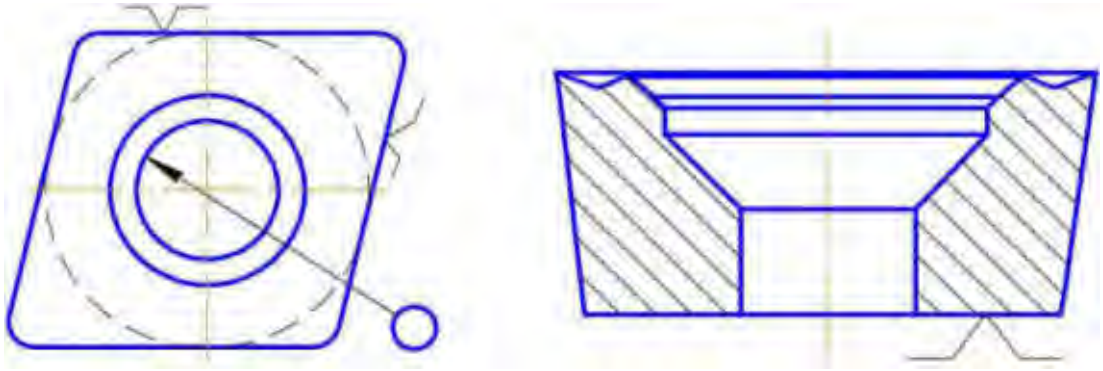

Рисунок 3.35– Схема базирования и закрепления СМП

В соответствии вышеприведённой схеме базирования и закрепления выбираем способ крепления пластины винтом с эксцентриком.

Рассчитаем эксцентриситет крепления многогранной сменной пластины.

Крепление СМП с использованием эксцентрического зажима достаточно компактно, содержит минимальное число элементов.

СМП устанавливается в корпусе инструмента при повороте винта, заканчивающегося эксцентриком, происходит поджим СМП в угол паза корпуса. Схема эксцентрического закрепления представлена на рисунке 3.36.

Правильное базирование можно обеспечить если точка К контакта эксцентрического штифта и отверстия СМП, ось O_2 эксцентрического штифта и ось О отверстия СМП будут находится на биссектрисе угла ε при вершине пластины. В этом случае направление силы зажима $\overline{P}$ и перемещение пластины будут направлены по биссектрисе угла ε, совпадающей с линией поджима. Это обеспечит базирование СМП по двум сторонам гнезда.

Поворот эксцентрического штифта осуществляется относительно оси O_1 винта. Устойчивое положение узла крепления достигается при выполнении

условия самоторможения, это выполняется, если tgα ≤ f – коэффициент трения в зоне контакта К. Для обеспечения технологичности изготовления гнезда в корпусе, необходимо чтобы ось O_1 винта располагалась на прямой OO_1, параллельно одной из сторон паза.

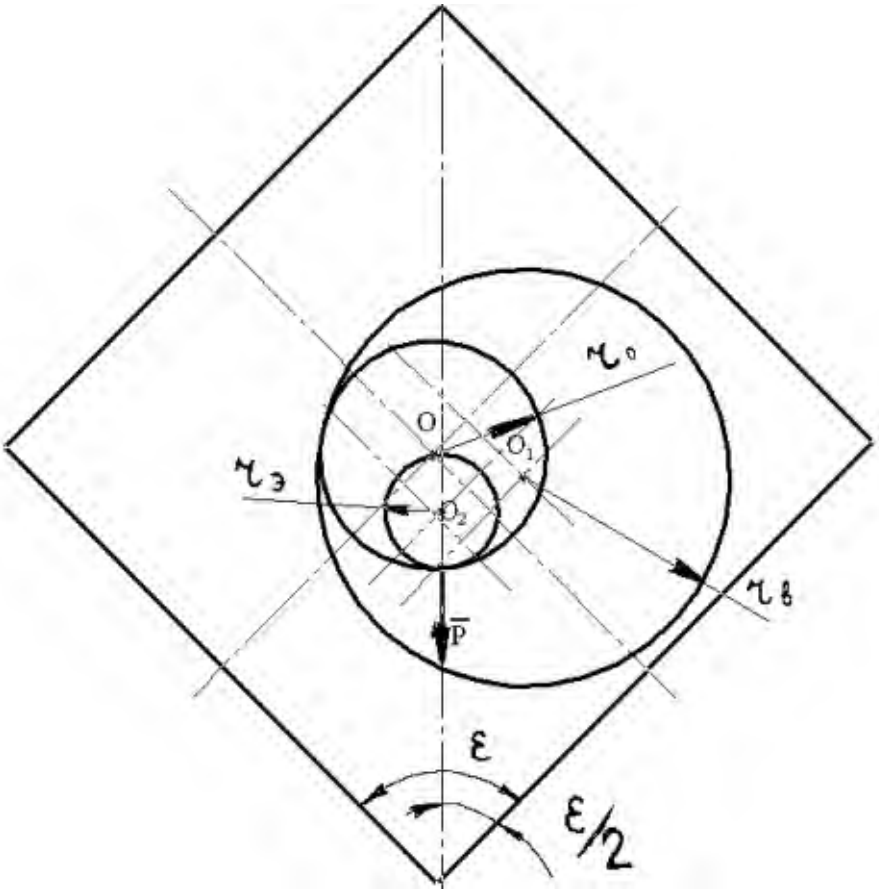

Рисунок 3.36 – Расчётная схема эксцентрического закрепления

Для определённости проектирования примем: $OO_1 = r_b - r_0$

Рассматривая Δ OO_1K запишем:

$$\frac{OK}{\sin[180-(\alpha+\varepsilon/2)} = \frac{O\ \ O1}{\sin\alpha} \Rightarrow \frac{r0}{\sin(\alpha+\varepsilon/2)} = \frac{rb-r0}{\sin\alpha}$$

$$\frac{rb}{r0} = 1 + \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\varepsilon/2)} = 1 + \frac{1}{\cos\varepsilon/2 + \frac{\sin\varepsilon/2}{tg\alpha}}$$

Учитывая условия самоторможения, получим соотношения между радиусом винта и радиусом отверстия в СМП:

$$\frac{rb}{r0} \le 1 + \frac{1}{\cos\varepsilon/2 + \frac{\sin\varepsilon/2}{f}};$$

$$\frac{r_b}{r_0} \le 1 + \frac{1}{\cos 37{,}5^\circ + \frac{\sin 37{,}5^\circ}{0{,}2}} = 1{,}25;$$

$$r_b = 2x1{,}25 = 2{,}5 мм$$

Величину эксцентриситета O_1O_2 эксцентрического штифта определим из треугольника ΔOO_1K:

$$O_1O_2 = \sqrt{(O_1K)^2 + (O_2K)^2 - 2(O_1K)(O_2K)\cos\alpha},$$

где $$\frac{O_1K}{\sin\varepsilon/2} = \frac{OK}{\sin[180-(\alpha+\varepsilon/2)]} = \frac{OK}{\sin(\alpha+\varepsilon/2)} \Rightarrow$$

$$O_1K = \frac{O_1K \ \sin\varepsilon/2}{\sin(\alpha+\varepsilon/2)},$$

тогда $OK = r_0$; $$O_1O_2 = \sqrt{r_0^2\frac{\sin^2\varepsilon/2}{\sin^2(\alpha+\varepsilon/2)} + r_э^2 - \frac{2r_э r_0}{1+\frac{tg\alpha}{tg\varepsilon/2}}},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{2^2\frac{\sin^2 37{,}5}{\sin^2(12+37{,}5)} + 2{,}5^2 - \frac{2\times 2{,}5\times 2}{1+\frac{tg12}{tg37{,}5}}},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{|4{,}742 - 4{,}351|} = 0{,}625 мм.$$

Схема установки пластины в державки с помощью винта с учётом рассчитанного эксцентриситета показана на рисунке 3.37.

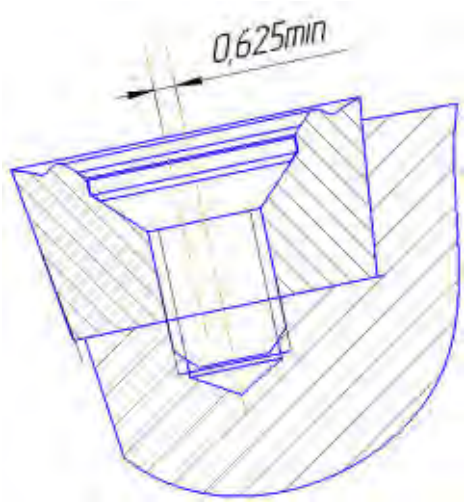

Рисунок 3.37- Схема установки пластины в державки с помощью винта с учётом рассчитанного эксцентриситета

Таким образом, был спроектирован сборный токарный расточной резец, состоящий из сменной ромбической твёрдосплавной пластины, закреплённой в расточной державке с помощью винта с эксцентриситетом, что обеспечивает надёжную работу резца в условиях растачивания заданной внутренней цилиндрической поверхности.

3.4 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

На операциях технологического контроля необходимо проконтролировать все требования, проставленные на конструкторском чертеже, от контролируемого параметра и его точности зависит выбор измерительного оборудование.

Предпочтителен выбор стандартных контрольных приспособлений, так как это уменьшает себестоимость детали при любом типе производства.

Шероховатость ответственных поверхностей контролируется образцами шероховатости по ГОСТ 9378-93 (рисунок 3.38)

Линейные размеры до 300 мм контролируются двусторонним штангенциркулем I типа с глубиномером с диапазоном измерений от 0 до 300 мм, с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,03 мм – ШЦ-I-300-0,03 ГОСТ 166-89 (рисунок 3.39)

Линейные размеры до 500 мм контролируются штангенциркулем ЩЦ-III-500-0,05 ГОСТ 166-89. Это цифровой штангенциркуль одностороннего III типа с диапазоном измерений от 0 до 500 мм и значением по нониусу 0,05 мм.

Рисунок 3.38 – Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93

Рисунок 3.39 – ШЦ-I-300-0,03 ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89

Глубина отверстий контролируется штангенглубиномером ШГ-250-0,05 ГОСТ 162-90 (рисунок 3.40).

Рисунок 3.40 – ШГ-250-0,05 ГОСТ 162-90

Для контроля метрической резьбы в отверстиях используются проходные (Пр) и непроходные (Не) резьбовые пробки ГОСТ 17756 и ГОСТ 17757-72 соответственно (рисунок 3.41).

Рисунок 3.41 – Проходные и непроходные резьбовые пробки

Для контроля отверстия использовать проходные (Пр) и непроходные (Не) калибры ГОСТ 14815–89 и ГОСТ 14816–89 соответственно (рисунок 3.42).

Рисунок 3.42 – Проходные и непроходные калибры

Деталь «корпус подшипника» имеет допуски расположения, а именно допуски перпендикулярности и плоскостности поверхностей относительно баз. Так же у детали крупные габариты, что усложняет измерение стандартными контрольными приспособлениями. Поэтому целесообразнее использовать координатно-измерительные машины (КИМ).

На КИМах можно произвести контроль различных отклонений формы и расположений поверхностей, выяснить, где произошёл брак и какое его отклонение от заданных параметров расчётов.

Основными критериями, при выборе контрольно-измерительной машины являются:

- величина рабочей зоны;
- погрешность измерения;
- система координат машины (СМК).

Деталь «корпус подшипника» имеет простую форму, поэтому целесообразно выбрать КИМ с прямоугольной системой координат. Габариты детали 565х282,5 мм, исходя из этого КИМ с максимально-допустимым диапазоном измерений должен быть минимум в 2 раза больше размеров детали. Максимальный квалитет точности детали Н7.

Исходя из вышеуказанных параметров подходит контрольно-измерительная машина Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10.

Рабочая зона X/Y/Z – 1200/1800/1000 мм;

Габариты КИМ – 2197x3140x3550 мм;

Предельное значение погрешности MPEe, 1.9 + L/300 мкм,

Максимальная масса детали, 2000 кг.

Данный КИМ имеет оптимальную рабочую зону для корпусной детали, является более дешёвым решением для использования на производстве и имеет оптимально значение предельной погрешности.

КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10 представлена на рисунке 3.43.

Рисунок 3.43 – КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10

Основные характеристики КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10:

- Измерительная машина портальной конструкции с жёстким столом;
- измерительная поверхность, обработанная по DIN 879;
- лёгкая конструкция портала, выполненная с высокой жёсткостью;
- векторная скорость перемещения 800 мм/сек в режиме High-Speed;
- коррекция CAA (Computer Aided Accuracy);

- покрытие алюминиевых частей CARAT обеспечивает долговременное стабильное состояние направляющих портала;
- система линейных измерений из стеклокерамики;
- запатентованное термически нейтральное крепление линейки;
- высокодинамичные привода с автоматическим контролем;
- все оси базируются на воздушных подшипниках;
- пассивное виброгашение благодаря эластомерам;
- стабильность к изменению температуры благодаря технологии F.I.

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Цель автоматизации технологического процесса – это повышение производительности, надежности и качества изготавливаемых деталей.

Для получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации проведем анализ проектного варианта технологического процесса. При проведении анализа учитываются следующие факторы:

– наличие в технологическом процессе слесарных операций или операций, выполняемых на универсальном оборудовании;

– наличие специальных методов обработки и прерывистость технологического процесса;

– возможность встраивания основного оборудования в гибкую производственную систему (ГПС);

– концентрация переходов на операциях, выполняемых на станках с ЧПУ;

– габаритные размеры и вес детали;

– возможность использования автоматизированных средств загрузки-выгрузки детали в основное оборудование, промежуточный накопитель или тактовый стол, на робокар, основной или промежуточный склад.

4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

В технологическом процессе детали «Корпус подшипника» нет универсальных и специальных операций. Притупление кромок, закругление углов и удаление заусенцев обеспечивается в процессе механической обработки, поэтому отсутствует ограничение на применение оборудования с ЧПУ. Базирование заготовки происходит по цилиндрическим и плоским плоскостям.

4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Для производства детали «Корпус подшипника» используется следующие оборудование:

- фрезерный обрабатывающий портальный центр WELE RB212;

- вертикальный токарно-карусельный станок Pietro Carnaghi ATF10;

- фрезерный обрабатывающий портальный центр WELE LB421.

Данное оборудование имеет числовое программное управление, поэтому они могут работать в условиях ГПС. Так же используемые станки оснащены системой автоматической уборки отходов из рабочей зоны, имеются модули автоматического открывания – закрывания дверей станков и датчики для наладки и диагностики работы оборудования и режущего инструмента.

4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

На каждой операции используется оптимальное количество режущих инструментов, поэтому концентрация технологических переходов на операциях большая.

4.1.4 Габаритные размеры детали

Габаритные размеры детали «Корпус подшипника»: 282,5х565 мм; вес – 102 кг, поэтому для установи данной детали будем использовать промышленных роботов, имеющих большую грузоподъемность.

4.1.5 Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом

Для автоматизации технологического процесса для перемещения и установки детали в станок, накопитель и склад можно использовать промышленного робота со схватом. Для захвата можно использовать боковые поверхность 1 (рисунок 4.1).

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) предназначена для хранения в накопителях большой вместимости (складе) деталей и автоматической транспортировки их по заданному адресу, а именно: транспортировки деталей от станка к станку, на позиции разгрузки и загрузки, на позиции контроля и возвращения их обратно к станкам для продолжения дальнейшей обработки.

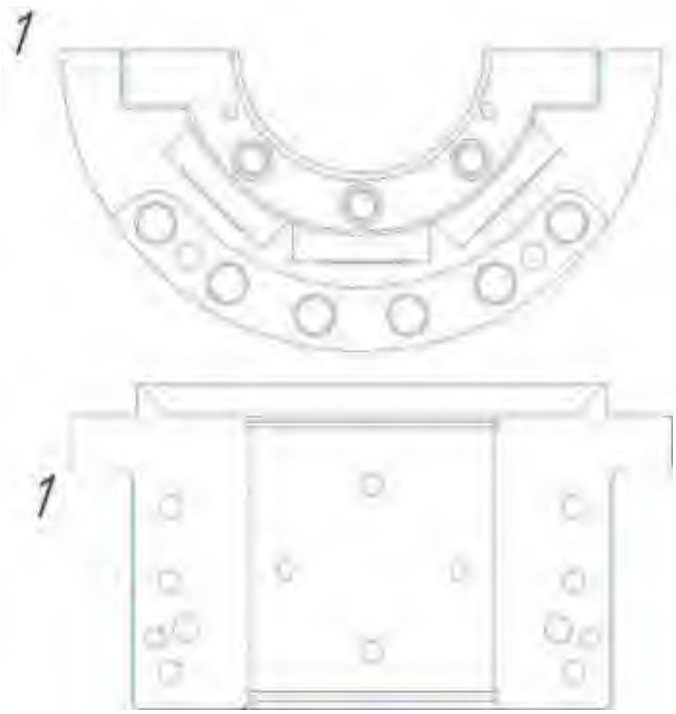

Рисунок 4.1 – Корпус подшипника с поверхностью для захвата промышленным роботом

Рациональной компоновкой складов в ГПС является близкое расположение их к технологическому оборудованию, при этом кран-штабелер распределяет по рабочим местам материалы, заготовки, изделия и так далее.

4.2.1. Определение основных характеристик стеллажа-накопителя

Основной расчётной характеристикой стеллажа является его вместимость, которая определяется исходя из числа спутников, необходимого для полной загрузки станков во время работы комплекса.

Расчёты основных параметров АТСС целесообразно производить исходя из числа среднестатических величин трудоёмкости обработки деталей и их месячной программы выпуска на предприятии. Это позволит при смене обрабатываемой детали обеспечить загрузку ГПС, близкой к расчётной.

Максимальное число деталеустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, определим по формуле:

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot Ф_{ст} \cdot n_{ст}}{t_{об} \cdot N}, \quad (4.1)$$

где $Ф_{ст}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($Ф_{ст} = 305$ ч);

$n_{ст}$ –число станков, входящих в ГПС;

$t_{об}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталеустановки, мин;

N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 3}{35{,}2 \cdot 500} = 3{,}1.$$

Полученное число деталеустановок определяет количество ячеек в стеллаже или ином накопителе. С целью унификации зажимных элементов приспособлений, схватов, захватов и т.д. в ГПС рекомендуется осуществлять обработку различных деталей на приспособлениях-спутниках (паллетах) с одинаковыми размерами установочных поверхностей и по возможности одной конструкции.

Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{наим}$, поэтому принимаем $K_{наим} = 3{,}4$.

4.2.2 Расчёт числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{поз} = \frac{t \cdot K_{дет}}{Ф_{поз} \cdot 60}, \quad (4.2)$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;

$K_{дет}$ – число деталеустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.;

$Ф_{поз}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч; ($Ф_{поз} = Ф_{ст} = 305$ ч).

$$K_{дет} = K_{наим} \cdot N, \quad (4.3)$$

где N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{наим}$, шт.

Подставляя, получим:

$$K_{дет} = 3{,}4 \cdot 500 = 1700 \text{ шт.}$$

Для расчётов можно использовать следующие значения трудоёмкостей операций по загрузке ($t_з$) и разгрузке ($t_р$) деталей: $t_з$=5 мин; $t_р$=3 мин.

Таким образом число позиций загрузки и разгрузки по формуле 8 будет равно:

$$n_{поз} = \frac{8 \cdot 1700}{305 \cdot 60} = 1.$$

4.2.3 Расчёт числа позиций контроля

Для контроля качества выпускаемой продукции в ГПС организуется участок контроля. Участок контроля может быть оснащён автоматизированными контрольно-измерительными средствами, например, контрольно измерительной машиной. В процессе изготовления партии деталей контроль проходит первая деталь (детальустановка), а затем каждая n-ая.

В условиях ГПС контроль детали осуществляется после каждой операции. Число деталеустановок n, через которое деталь выводится на плановый контроль учтанавливает технолог. Помимо планового контроля, производится контроль по вызову, который проводит наладчик, отвечающий за качество обрабатываемых деталей.

Необходимое число позиций контроля $n_{поз.к}$ в ГПС рассчитывается по формуле:

$$n_{поз.к} = \frac{t_к \cdot K_{дет.к}}{Ф_{поз} \cdot 60}, \quad (4.4)$$

где $t_к$ – суммарное время контроля одной деталеустановки, мин;

$K_{дет.к}$ – число деталеустановок, проходящих контроль за месяц, шт.;

$Ф_{поз}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{дет.к} = \frac{K_{дет}}{n}, \quad (4.5)$$

где $K_{дет}$ – число деталеустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;

n – число деталеустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \quad (4.6)$$

где n_1 – плановое число деталеустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.;

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталеустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2).

Подставляя, получим:

$$n = \frac{6}{1{,}15 \cdot 1{,}05} = 4{,}96 \approx 5 \text{ шт.};$$

$$К_{дет.к} = \frac{500}{5} = 100 \text{ шт.}$$

Время контроля одной деталеустановки:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \ldots + t_{k_i}, \quad (4.7)$$

где t_{k_1}, t_{k_2}, ..., t_{k_i} – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i-м станках ГПС.

Для расчётов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принимать равным:

$$t_п = 5 \text{ мин},$$

время окончательного контроля всех поверхностей детали (после обработки на последнем станке комплекса):

$$t_{к.ок} = 30 \text{ мин}.$$

Подставляя, получим:

$$t_k = 5 + 30 = 35 \text{ мин};$$

$$n_{поз.к} = \frac{35 \cdot 100}{305 \cdot 60} = 0{,}956 \approx 1.$$

4.2.4 Проектирование предварительной компоновки ГПС

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для этого осуществим

планировку станочной, складской и вспомогательной систем комплекса.

Маршрутный технологический процесс обработки детали «корпус подшипника» представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Маршрутный технологический процесс обработки детали «корпус подшипника»

Номер операции	Название операции
Операция 000	Заготовительная
Операция 001	Транспортная
Операция 005	Контрольная
Операция 010	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ
Операция 015	Контрольная
Операция 020	Транспортная
Операция 025	Контрольная
Операция 030	Транспортная
Операция 035	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ
Операция 036	Транспортная
Операция 040	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ
Операция 045	Контрольная
Операция 050	Слесарная
Операция 051	Транспортная
Операция 055	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ
Операция 060	Контрольная
Операция 061	Транспортная
Операция 065	Моечная
Операция 066	Транспортная
Операция 070	Контрольная

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчёта времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для этого осуществим планировку станочной и складской систем комплекса.

Первый вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.2.

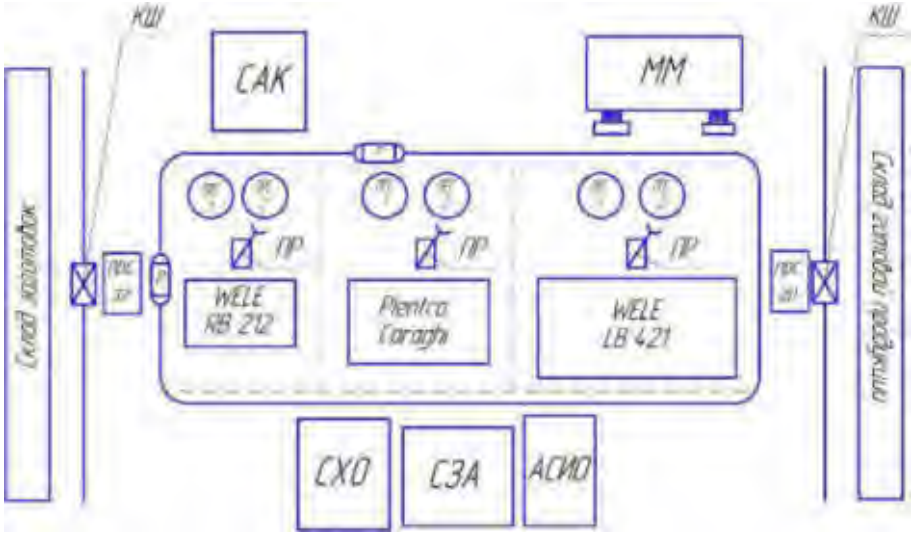

Рисунок 4.2 – Схема расположения станков с группированием основного оборудования по конструктивному признаку

На данной схеме показано перемещение заготовки «корпуса подшипника» со склада роботом-штабелером в накопителе на приемо-раздаточный стол заготовок (ПРС ЗГ), далее робокар транспортирует заготовку с ПРС ЗГ на ПРС 1. Здесь робот манипулятор берет заготовку с ПРС 1 и устанавливает ее на станок WELE RB212, после обработки снимает заготовку со станка и ставит на ПРС 2. Далее робокар транспортирует заготовку на участок системы автоматизированного контроля для проведения дефектоскопии, если заготовка прошла проверку, то робокар ее транспортирует на ПРС 1. Здесь робот манипулятор с ПРС 1 устанавливает заготовку на станок, с промежуточного склада берет заготовку «крышки подшипника» и устанавливает вместе с заготовкой «корпуса подшипника». На данной операции происходит штифтование, после этого робот манипулятор снимает заготовку, состоящую из крышки и корпуса подшипника, и ставит ее на ПРС 2. Робокар транспортирует заготовку на ПРС 3, где робот манипулятор устанавливает заготовку на станок Pientro Caraghi, после обработки снимает заготовку со станка и ставит на ПРС 4.

Далее робокар транспортирует заготовку на склад заготовок, здесь разъединяют корпус и крышку подшипника. После этого заготовка «корпуса подшипника» в накопителе ставится на ПРС ЗГ роботом-штабелером и робокар

транспортирует заготовку на ПРС 5. Робот манипулятор устанавливает ее на станок WELE LB421 и после обработки ставит деталь на ПРС 6. Затем робокар транспортирует деталь «корпус подшипника» в моечную машину. Далее робокар перемещает готовую деталь на участок автоматизированного контроля. После контроля готовые детали робокар транспортирует на склад готовой продукции.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС. Матрица представлена на рисунке 4.3.

Граф перемещения транспортного механизма для ГПС с группированием основного оборудования по конструктивному признаку представлен на рисунке 4.4.

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство															
	СЗ	КШ	ПРС 3Г	Р	ПРС 1	ПР	WELE RB 212	ПРС 2	ПРС 3	Pientro Caraghi	ПРС 4	ПРС 5	WELE LB 421	ПРС 6	ММ	САК
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м															
СЗ											28					28
КШ	3,6															
ПРС 3Г		4,8														
Р			3													
ПРС 1				7,9												
ПР					4				1			1				
WELE RB 212						2,4										
ПРС 2							4,4									
ПРС 3								5,9								
Pientro Caraghi						1,2										
ПРС 4										2,2						
СЗ																
ПРС 5				3,7												
WELE LB 421						1,2										
ПРС 6													2,2			
ММ														2		
САК								0,7							1,7	
СЕП																2,9

Рисунок 4.3 – Матрица перемещений транспортного механизма в ГПС с группированием основного оборудования

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равное 181 м.

Вторым вариантом является планировка ГПС с расположением основного оборудования по ходу выполнения технологического процесса соответственно. Данный вариант представлен на рисунке 4.5.

В данном случае маршрут изготовления детали аналогичен с первым вариантом, но из-за того, что основное оборудование расположено по ходу выполнения технологического процесса сокращается маршрут и время

перемещения детали «корпус подшипника». Суммарное перемещение при данной компоновки ГПС составляет 144,5 м.

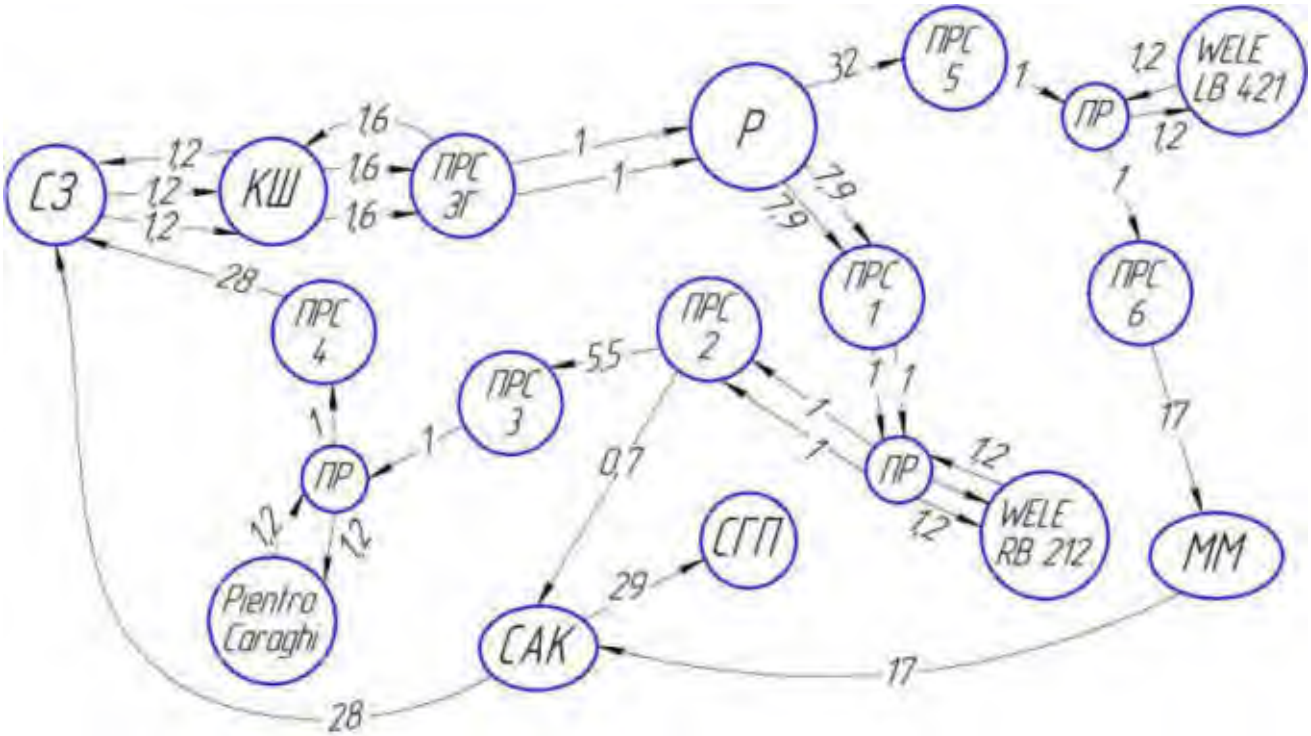

Рисунок 4.4 – Граф перемещения транспортного механизма в ГПС с группированием основного оборудования

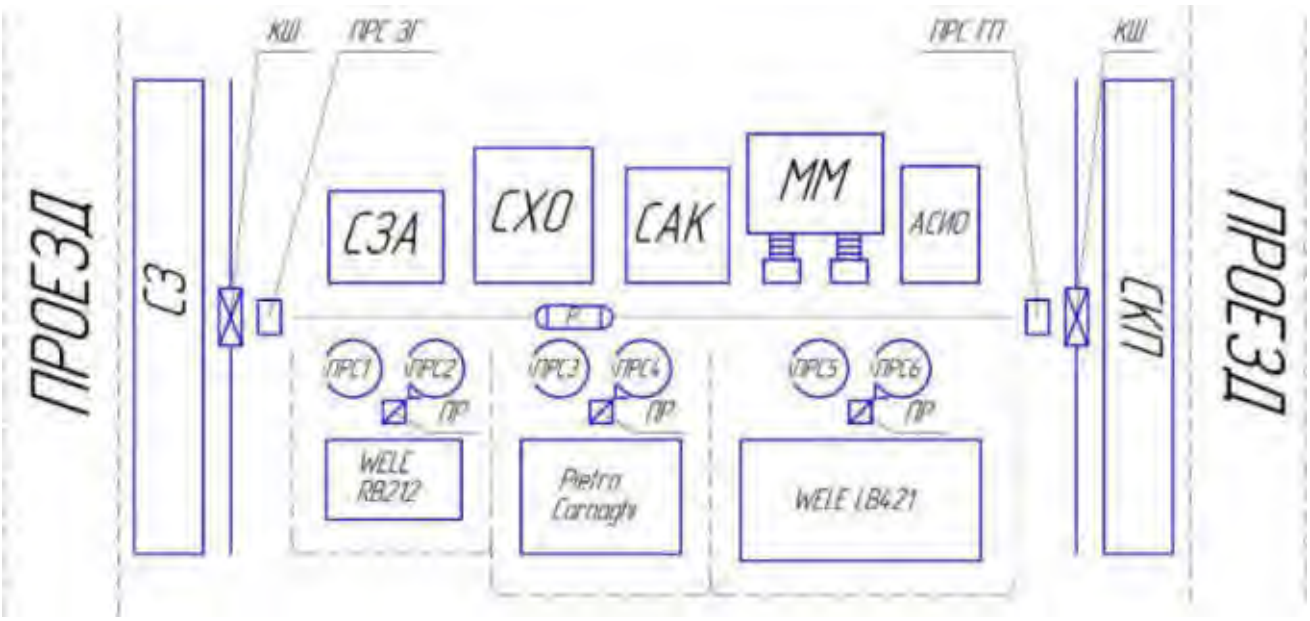

Рисунок 4.5 – Схема расположения станков по ходу выполнения технологического процесса

Матрица к данному варианту представлена на рисунке 4.6, а граф на рисунке 4.7.

Оборудование, к которому движется транспортное средство	Оборудование, от которого движется транспортное средство															
	СЗ	КШ	ПРС 3Г	Р	ПРС 1	ПР	WELE RB 212	ПРС 2	ПРС 3	Pientra Caraghi	ПРС 4	ПРС 5	WELE LB 421	ПРС 6	ММ	САК
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м															
СЗ											20					24
КШ	16															
ПРС 3Г		4,8														
Р			1													
ПРС 1				7,9												
ПР					2				1			1				
WELE RB 212						24										
ПРС 2							4,4									
ПРС 3								5,9								
Pientra Caraghi						12										
ПРС 4										2,2						
СГП																
ПРС 5				7,1												
WELE LB 421						12										
ПРС 6													2,2			
ММ														3,3		
САК								10,9							6	
СГП																15

Рисунок 4.6 – Матрица перемещений транспортного механизма в ГПС по ходу выполнения технологического процесса

Исходя из расчётов, выбираем вторую схему расположения станков.

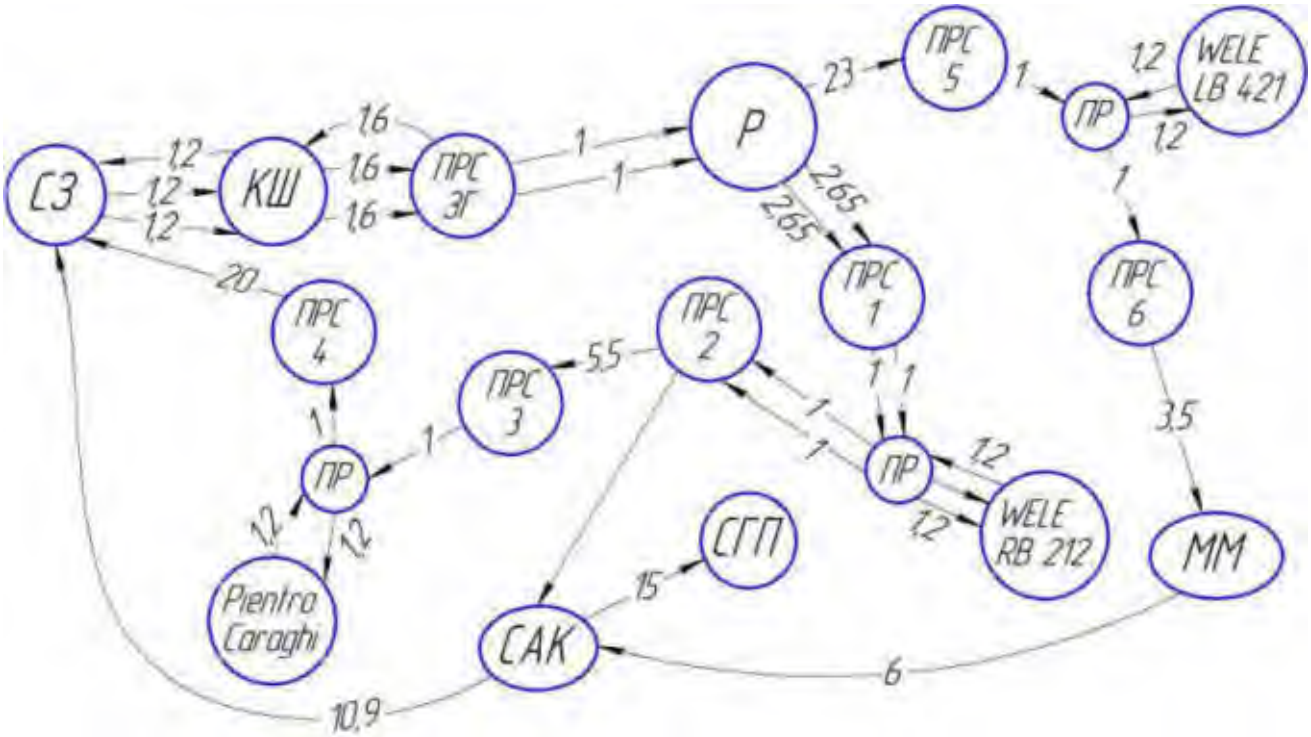

Рисунок 4.7 – Граф перемещения транспортного механизма в ГПС по ходу выполнения технологического процесса

4.2.5 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Робот штабелер, расположенный у склада заготовок, должен передавать паллету с заготовкой со склада заготовок на приемо-раздаточный стол заготовок.

Рассчитаем суммарное время $T_{обсл}$ работы робота штабелера:

$$T_{обсл} = \frac{K_{стел-ст} \cdot t_{стел-ст} + K_{ст-ст} \cdot t_{ст-ст}}{60}, \quad (4.8)$$

где $K_{стел-ст}$ – число перемещений между стеллажом и столом;

$K_{ст-ст}$ – число перемещений между станками;

$t_{стел-ст}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу заготовки со стеллажа на станок и обратно, мин;

$t_{ст-ст}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу паллеты со станка на станок, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника равно:

$$t_{стел-ст} = t_{ст-ст} = t_1 + t_2, \quad (4.9)$$

где t_1 – время отработки кадра "Подойти и взять ящик", мин;

t_2 – время отработки кадра "Подойти и поставить ящик", мин.

$$t_1 = t_k + t_{под} + t_{в.с}, \quad (4.10)$$

$$t_2 = t_k + t_{под} + t_{п.с}, \quad (4.11)$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ робота штабелера, мин;

$t_{под}$ – время подхода робота штабелера к заданной точке, мин;

$t_{в.с}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять ящик", мин;

$t_{п.с}$ – то же "Поставить ящик", мин.

Время t_k колеблется в пределах t_k=1,5…10 с; время $t_{в.с} = t_{п.с}$=0,15…0,25 мин. Время подхода робота штабелера к заданной точке:

$$t_{под} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \quad (4.12)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения штабелера по осям x и y, м;

V_x и V_y – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y, м/мин.

Для расчетов принимаем: V_x = 60 м/мин; V_y = 6 м/мин; L_x = 1 м; L_y = 1 м.

Подставляя получим:

$$t_{под} = \frac{1}{60} + \frac{1}{6} = 0{,}183 \text{ мин};$$

$$t_1 = t_2 = 0{,}05 + 0{,}183 + 0{,}2 = 0{,}433 \text{ мин};$$

$$t_{стел-ст} = t_{ст-ст} = 0{,}433 + 0{,}433 = 0{,}866 \text{ мин};$$

$$T_{обсл} = 1 \cdot 0{,}866 + 0 \cdot 0{,}433 = 0{,}866 \text{ мин}.$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, определим число роботов штабелеров для выполнения этой работы:

$$K_{шт1} = \frac{T_{обсл}}{Ф_ш \cdot 60}, \quad (4.13)$$

где $Ф_ш$ – фонд работы штабелера, ч.

Подставляя, получим:

$$K_{шт1} = \frac{0{,}866}{305 \cdot 60} = 4{,}7 \cdot 10^{-5} \approx 1.$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один робот штабелер.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

Промышленный робот (ПР) – предназначенный для выполнения двигательных и управляющих функций в производственном процессе манипуляционный робот, состоящий из манипулятора и перепрограммируемым устройством управления, которое формирует управляющее воздействие, задающие

требуемые движения для исполнительных органов манипулятора, применяются для перемещения предметов и выполнения различных технологических операций.

Промышленные роботы обычно являются одним из компонентов автоматизированных производственных систем, применяемых в гибком автоматизированном производстве.

Для автоматизированного производства и практически безлюдного режима работы участка необходим промышленный робот, способный переставлять деталь в нужные моменты во время механической обработки, а так же осуществлять перемещение заготовок со склада и готовых деталей на склад.

Произведем анализ и выбор промышленного робота из современных компаний (фирм), таких как ABB – шведско-швейцарская, FANUC – японская и KUKA – немецкая. Заготовки имеют массу от 250 до 450 кг, следовательно, необходимо соответствие массы заготовки и грузоподъемности промышленного робота. Сравним технические характеристики ПР, которые представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики промышленных роботов

	ABB IRB 7600-500	FANUK M-2000iA/900L	KUKA KR 1000 L750 TITAN
Максимальная грузоподъемность, кг	500	900	750
Дополнительная нагрузка, кг	50	–	50
Рабочая зона действия, мм	2550	4863	3601
Количество осей	6	6	6
Вес, кг	3400	9600	4740
Стабильность повторяемости, мм	–	<±0,5	<±0,1
Монтажное положение	на полу	на полу	на полу

Таким образом, в качестве робота-манипулятора выбираем KUKA KR 1000 L750 TITAN, потому что у робота компании ABB нет запаса по грузоподъемности, а робот фирмы FANUC имеет большой собственный вес, что скажется на скорости перемещения робокара.

KUKA KR 1000 L750 TITAN – робот для тяжеловесных грузов нового поколения обладает компактной конструкцией и улучшенной производительностью. Относясь к роботам большегрузного класса, он имеет необычайно большое рабочее пространство и увеличенное расстояние между основными точками центра тяжести.

Рисунок 4.8 – Промышленный робот ABB IRB 7600-500

Рисунок 4.9 – Промышленный робот FANUK M-2000iA/900L

Рисунок 4.10 – Промышленный робот KUKA KR 1000 L750 TITAN

Схема возможных перемещений рабочих органов робота представлена на рисунке 4.11.

Для захвата корпуса необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Поверхностями для захвата и базирования на детали являются 2 плоскости.

Эскиз схвата представлен на рисунке 4.12.

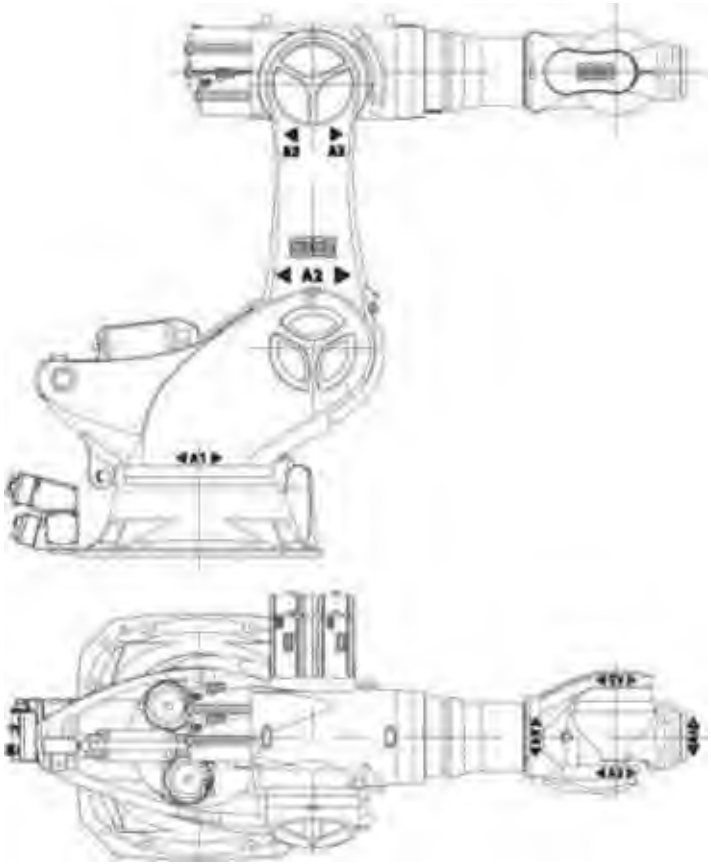

Рисунок 4.11 – Схема возможных перемещений рабочих органов робота

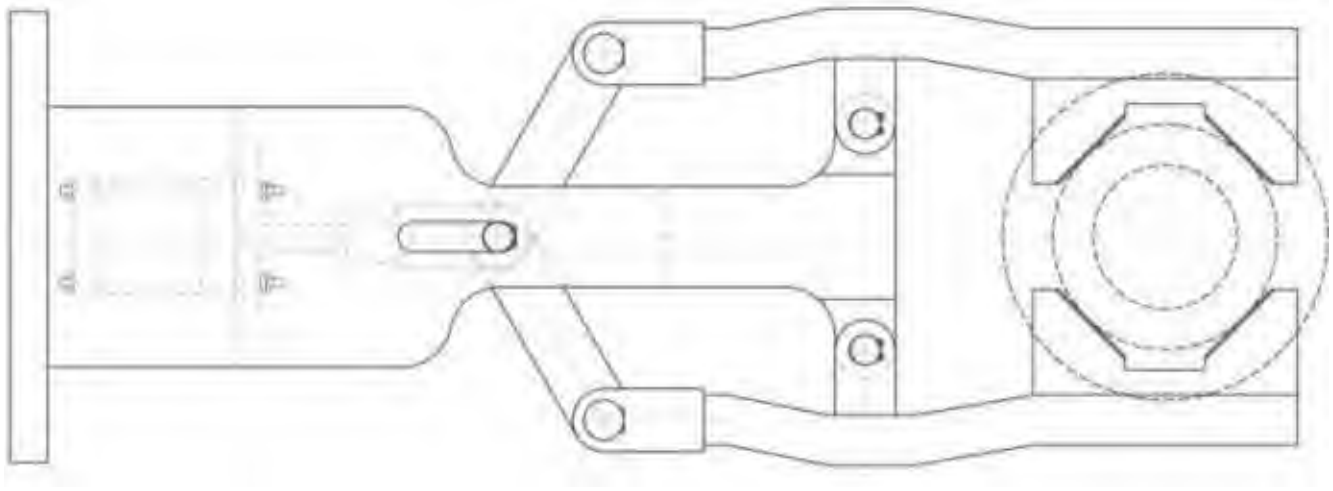

Рисунок 4.12 – Схват промышленного робота с деталью

4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе

Для получения готовой продукции заданной точности и качества необходимо также определиться с промежуточным базированием заготовки. Промежуточное базирование, как и базирование для выполнения основных технологических операций должно придавать требуемое положение детали в пространстве.

На точность и, следовательно, качество выпускаемой продукции в значительной части оказывает влияние правильный выбор поверхностей для:

• промежуточного базирования заготовки или полуфабриката в процессе ее транспортирования, промежуточного хранения;

• закрепления в схвате промышленного робота перед установкой на станок.

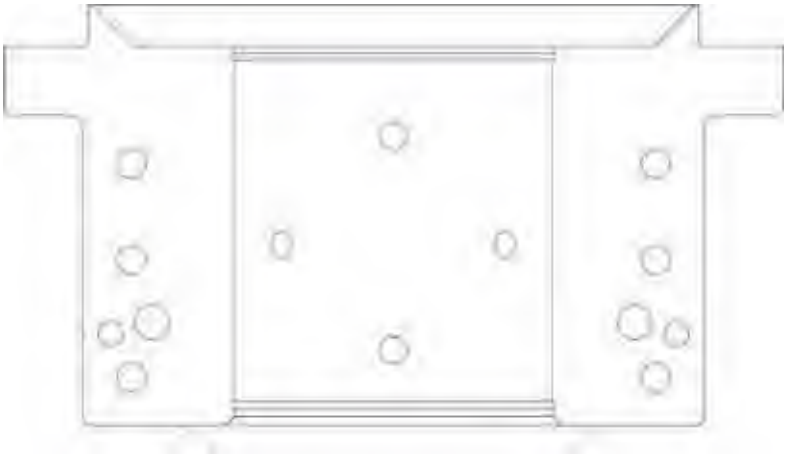

Рисунок 4.13 – Схема базирования детали «корпус подшипника» в секционном ящике и в робокаре на паллете

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «корпус подшипника». Данная заготовка базируется одинаково как, секционном ящике, так и в робокаре на паллете (рисунок 4.13). Базирование в промышленном роботе показано на рисунке 4.14.

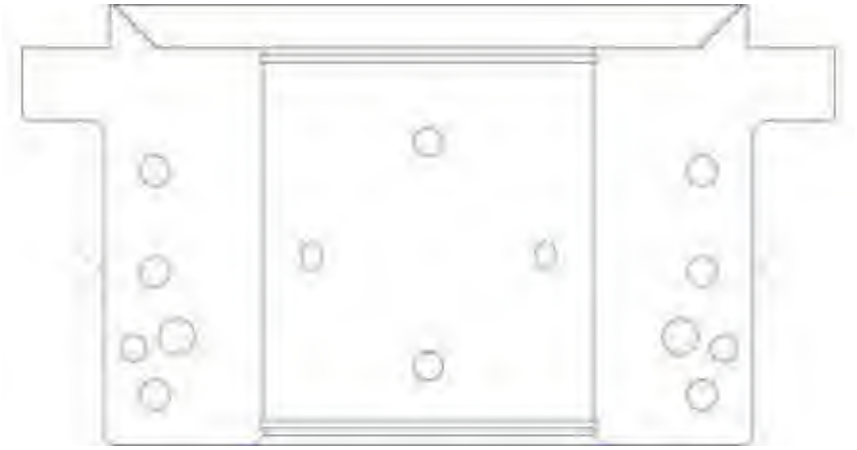

Рисунок 4.14 – Схема базирования детали «корпус подшипника» в промышленном роботе

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

При разработке структурной схемы гибкого производственного участка был произведён расчёт расстояний перемещений детали. В первом случае перемещения составили 181 м, во втором варианте компоновки 144,8 м. Исходя из расчётов расстояния перемещения детали, выбираем вторую схему расположения станков.

Применение обрабатывающего центра обеспечило сокращение количества технологических операций за счёт их интеграции на одном рабочем месте. При этом уменьшилась трудоёмкость разметочных операций, транспортных. Это позволило уменьшить вспомогательные времена на установку, переустановку, перемещение и наладку. За счёт использования в ГПС дополнительного оборудования – робокар, кран-штабелер, сократилось время на транспортировку заготовок и готовых деталей. Применение промышленного робота позволило освободить человека от трудной и монотонной работы, в результате чего возросла производительность.

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок механической обработки детали «корпус подшипника» включает в себя: склад заготовок, приёмо-раздаточные столы – 1, 3, краны-штабелёры - 2, робокар INDEVA Tunnel AGV - P, промышленных роботов KUKA KR 1000 L750 TITAN - 4, станки, моечную машину - ММ, участок системы автоматизированного контроля (САК), участок стации зарядки аккумулятора (СЗА), склад хранения отходов (СХО), участок автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) и средства техники безопасности.

Заготовка детали «корпус подшипника» на межцеховом транспорте поступает из склада заготовок литейного цеха на склад заготовок механического участка. Через магистральный проезд заготовки доставляют на приёмо-раздаточной стол заготовок – 1, с помощью крана-штабелёра – 2 заготовки помещают на стеллажный склад заготовок.

В соответствии с технологическом процессом заготовки при использовании робокара поступают на 010 комплексную операцию с ЧПУ на приёмо-раздаточный стол – 3. Со стола с помощью промышленного робота – 4 заготовка «корпуса подшипника» устанавливается на станок WELE RB212. После обработки промышленный робот снимает заготовку со станка и устанавливает на второй приёмо-раздаточный стол, находящийся около станка.

Далее робокар транспортирует заготовку на приёмо-раздаточный стол, принадлежащий вертикальному токарно-карусельному станку Pietro Carnaghi ATF10. Промышленный робот устанавливает заготовку на станок и после обработки снимет, устанавливая на приёмо-раздаточный стол.

Робокар транспортирует заготовку на последнюю операцию механической обработки на обрабатывающий центр с ЧПУ WELE LB421. Промышленный робот совершает аналогичные действия, как и на предыдущих операциях.

После окончательной механической обработки робокар транспортирует деталь «корпус подшипника» на участок мойки, а затем на участок автоматизированного контроля.

После измерения деталь поступает на склад готовой продукции, здесь она так же, как и на складе заготовок, при помощи крана-штабелёра перемещается на стеллажный склад готовой продукции.

Инструменты и оснастка хранятся на участке автоматизированной системы инструментального обеспечения и доставляются к станку при помощи робокара.

При проектировании участка предъявляются требования безопасности жизнедеятельности. На участке механической обработки есть пожарный кран, пожарный щит, ящик с песком, средства техники безопасности, аптечка.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Одной из основных форм деятельности человека является трудовая деятельность, осуществляющаяся в производственных условиях. В процессе выполнения работы работники взаимодействуют с различными элементами производственной среды: предметами и орудиями труда, средствами производства, состоянием микроклимата.

Организационно-методическую работу по управлению охраной труда на предприятии, подготовку управленческих решений и контроль за их выполнением осуществляет служба охраны труда. Правовой основой системы управления охраной труда являются законодательство о труде, нормативные правовые акты, содержащие требования по охране труда. Отклонение от требований охраны труда устанавливаются с помощью функции контроля, а устранение причин отклонений является функцией регулирования (управления).

По вопросам безопасности должны проводиться следующие виды инструктажей:

- вводный инструктаж;
- первичный на рабочем месте;
- повторный инструктаж;
- внеплановый инструктаж;
- целевой инструктаж.

Вводный инструктаж проводится для вновь поступающих на предприятия рабочих, инженерно-технических работников, командированных, учащихся для прохождения практики.

Первичный инструктаж проводится непосредственно на рабочем месте для всех принятых рабочих и инженерно-технических работников, а также переведённых из другого участка, с одной работы на другую, с одного вида оборудования на другой (и при временном переводе).

Повторный инструктаж проводится один раз в 6 месяцев по программе инструктажа на рабочем месте.

Внеплановый инструктаж проводится в следующих случаях:

- при изменении правил по охране труда;

- изменении технологического процесса;

- замене и модернизации оборудования, средств защиты и т.п.;

- нарушении работниками правил, а также после длительного перерыва в работе.

Целевой инструктаж проводится с работниками перед производством работ, на которые оформляется наряд-допуск. Целевой инструктаж проводится при выполнении разовых работ (погрузочно-разгрузочные работы, работы по ликвидации аварий и т.п.).

Безопасность производственных процессов в основном определяется безопасностью технологического оборудования, которое должно обеспечивать безопасность работников при монтаже, вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией.

Для поддержания параметров микроклимата на уровне, необходимом для обеспечения комфортности и жизнедеятельности, применяют вентиляцию помещений, где человек осуществляет свою деятельность. Оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления.

К нормируемым параметрам микроклимата относятся:

- температура воздуха;

- влажность воздуха;

-скорость движения воздуха.

Эти параметры микроклимата не должны выходить за пределы нормативных величин установленных СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Предельные их значения приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Категория работ по энергозатратам, Вт	Температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б	21-24	15-75	0,1
Теплый	1б	22-25	15-75	0,3

Выполнение этих норм осуществляется путём проведения следующих мероприятий:

1. В тёплое время за счёт вентиляции;
2. В холодное время за счёт вентиляции, отопления.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Защита от поражения электрическим током или электробезопасность включает в себя систему организационных и технических мероприятий, технических способов и средств, обеспечивающих безопасные условия труда работающих с технологическим оборудованием и ручным инструментом, использующим электрическую энергию, с целью сокращения электротравматизма до приемлемого (и ниже) уровня риска.

Электробезопасность персонала обеспечивается конструкцией электроустановок, организационными и техническими мероприятиями, а также техническими способами, средствами и приспособлениями.

Организационные мероприятия включают в себя: требования к персоналу (возраст, медицинское освидетельствование, обучение, проверка знаний и др.); назначение лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформление наряда (распоряжения) на производство работ; осуществление допуска к проведению работ; организацию надзора за проведением работ.

Технические мероприятия в действующих установках со снятым напряжением при работах в электроустановках или вблизи их – это отключение

установки (или ее части) от источника; механическое запирание приводов отключающих коммутационных аппаратов; снятие предохранителей; отсоединение концов питающих линий; установка знаков безопасности и ограждений; применение заземления и др.

Технические мероприятия при выполнении работ под напряжением включают в себя применение изолирующих, ограждающих и вспомогательных защитных средств.

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности. Так как для питания электрооборудования применяются трехфазные четырехпроводные цепи с глухо заземлённой нейтралью напряжением 380/220В необходимо:

1. Изолировать токоведущие части, что защищает электроустановки от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров;

2. сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;

3. применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надёжность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;

4. зануление, обеспечивающее быстрое отключение повреждённой установки или участка цепи максимальной токовой защиты вследствие короткого однофазного замыкания;

5. заземление нейтрали, обеспечивающее невозможность появления напряжения относительно земли на корпусе машины;

6. использование изолирующего трапа.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий, предотвращающих возникновение пожара и системой пожарной защиты, обеспечивающей успешную борьбу с возникшим пожаром или последствиями взрыва. Предотвращение пожара достигается комплексом профилактических мер,

исключающих образование горючей среды, источников зажигания, поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой до горючести и давления в горючей среде ниже максимально допустимого до горючести и др.

Предотвращение образования горючей среды обеспечивается регламентацией допустимых концентраций горючих газов, паров и взвесей в воздухе, а также кислорода или других окислителей.

Изоляция горючей среды обеспечивается максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, применением для пожароопасных веществ герметизированного оборудования и тары.

Предотвращение распространения пожара обеспечивается устройством противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, занавесов и т.п.), 3 применением средств, предотвращающих или ограничивающих розлив и растекание жидкостей при пожаре.

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают в себя:

- организацию обучения персонала и граждан правилами пожарной безопасности;

- разработку норм и правил по пожарной безопасности, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, поведении людей при возникновении пожара.

Эксплуатационные мероприятия предусматривают соответствующую эксплуатацию оборудования, содержание зданий и территорий.

Технические меры заключаются в соблюдении противопожарных норм при сооружении зданий, устройстве отопления и вентиляции, выборе и монтаже оборудования, устройстве грозозащиты и защиты от статического электричества.

Режимные мероприятия направлены на ограничение или запрещение разведения огня, производства электро- и газосварочных работ, а также курение в неустановленных местах.

Для своевременного оповещения о времени и месте пожара и принятия мер по его ликвидации применяется пожарная сигнализация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная работа представляет собой расчетно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические знания и навыки, приобретённые за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки и разрабатывается проектный вариант технологического процесса.

Для проектного варианта был выбран наилучший способ получение заготовки (литьё по газифицируемым моделям) в условиях крупносерийного производства, основное технологическое оборудование (фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ WELE RB212, вертикальный токарно-карусельный станок Pietro Carnaghi ATF10, обрабатывающий центр с ЧПУ WELE LB421) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён расчетно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ($T_{шт} \approx 133$ мин).

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, был рассчитан режущий инструмент, а так же спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

Была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали «корпус подшипника». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС и АСУО.

Были указаны меры и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попелюк А.И. Перспективные способы обработки материалов: учебное пособие / А.И. Попелюк, А.Г. Тюрин, Н.В. Плотникова – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2014. – 49 с.

2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш – М: Изд-во ГНЦ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.

3. Дьячков В.И. Применение аддитивных технологий в производстве литых изделий / В.И. Дьячков, А.Ю. Баринова, К.В. Никитин // Литейное производство. – 2016. – Вып. 5. – с. 54

4. Кулыгин В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И. А. Кулыгина – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 93 с.

5. Шуляк В.С. Литье по газифицированным моделям / В.С. Шуляк – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.

6. Каталог обрабатывающих центров продукции WELE.

7. Каталог вертикальных токарно-карусельных станков Pietro Caraghi.

8. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Москва.: Машиностроение 2007. – 368 с.

9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – М.: Экономика, 1990.

10. Каталог режущего инструмента фирмы Sandvik Coromant 2015 г.

11. Каталог режущего инструмента фирмы WALTER.

12. Алексеев, Б. А. Расчёт и конструирование режущего инструмента / А. Б. Алексеев, В. А. Аршинов, Е. А. Смольников. – М.: Машгиз, 1958. – 598 с.

13. Проектирование металлорежущего инструмента на ЭВМ: Учебное пособие для вузов / О.В. Таратынова. 2-е изд., доп. и перер. – М.: МГИУ, 2006. – 380 с.

14. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 97 с.

15. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.

16. Каширин, Н.А. Технологическая документация при выполнении дипломных и курсовых проектов: Учебное пособие. Компьютерная версия. / Н.А. Каширин, И.М. Морозов, В.А. Батуев. – 2-е изд., перер. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 74 с.