

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления корпуса гидравлического привода
зажима

Обучающийся	<u>Д.А. Рахматуллин</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
	<u>к.т.н., доцент И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	

Тольятти 2023

Аннотация

Выпускная работа на тему «Технологический процесс изготовления корпуса гидравлического привода зажима» рассматривает проектирование технологии изготовления детали в годовом объеме выпуска 1000 деталей в год. Проектирование технологии начинается с анализа исходных данных, включая условия работы и назначение корпуса. Технологичность корпуса, который относится к категории деталей типа втулка, определена как низкая из-за наличия трудно обрабатываемых конструктивных элементов в виде глубоких отверстий, а также отверстий, расположенных радиально на цилиндрической поверхности. Для условий среднесерийного типа производства выбраны соответствующие методы получения исходной заготовки, а также технологические переходы и оборудование. Выбрана заготовка - штамповка на механическом прессе, которая обеспечивает заданную точность и обеспечивает минимальные припуски на обработку. Все размеры и припуски рассчитаны аналитически. Технологический маршрут соответствует технологическому процессу изготовления фланцевых корпусов в условиях серийного производства и характеризуется использованием современных высокоскоростных станков. Выбранное оборудование обеспечивает изготовление детали на первом этапе работы, до термообработки, на одном рабочем месте за счет концентрации переходов и много инструментального оснащения. Спроектированное приспособление обеспечивает надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Разработанная система сверления глубоких отверстий обеспечивает высокопроизводительное и точную обработку отверстий с использованием преимуществ одно кромочных инструментов. Технология проанализирована на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотренные мероприятия по защите труда обеспечивают заданные условия обработки. Сравнение работы предложенным инструментом и стандартным сверлом показывает преимущества разработанной операции.

Abstract

The title of the graduation work is « Technological process of manufacturing the framework of the hydraulic clamp drive ».

The key issue of the final bachelor's work is to ensure the technical requirements indicated on the detail drawing for a given output volume of the clamp drive framework. Particular attention in the manufacturing process of the framework is paid to the processing of deep holes. This non-technological structural element requires the development of a specialized tool. The paper also solves the problem of processing a group of precise internal and external surfaces of revolution.

The purpose of the work is to develop a technological process for manufacturing the clamp drive housing for mass production in accordance with the specified requirements at the minimum technological cost.

The final work has the following structure in accordance with the assignment for the final work: analysis of the initial data; the technological part with a detailed development of the manufacturing process from the procurement to the design of operations; design section, where the calculations are given and the design of a three-jaw chuck and a drill for deep drilling is performed; section on labor protection and ensuring environmental friendliness of technology; section with the calculation of the cost-effectiveness of the proposed changes.

Upon completion of the presented work, all technological documentation necessary for production was developed - route and operational documentations, as well as design and technological graphic parts.

Summing up, we would like to emphasize that the presented work is relevant for manufacturing companies that manufacture technological equipment.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Анализ назначения детали	7
1.2 Технологичность детали	9
1.4 Задачи работы	10
2 Разработка технологии	12
2.1 Анализ базового технологического процесса.....	12
2.2 Тип производства.....	13
2.3 Выбор заготовки	13
2.4 Выбор схему установки	19
2.5 Разработка маршрута.....	21
2.5 Выбор средств оснащения	25
2.7 Расчет режимов резания.....	29
2.8 Нормирование	33
3 Разработка оснастки.....	38
3.1 Проектирование приспособления	38
3.2 Проектирование инструмента	46
4 Экологичность и безопасность проекта.....	49
5 Экономическая эффективность работы	53
Заключение	58
Список используемых источников.....	60
Приложение А Технологические карты	64
Приложение Б Спецификация приспособления	72
Приложение В Спецификация инструмента	73

Введение

В основе развития экономики страны находится машиностроительная отрасль и производительные силы. Несмотря на информационный бум и цифровизацию экономики для жизнедеятельности страны необходимы реальные предметы и средства производства. От них во многом зависит развитие машиностроительной отрасли. Уровень технического развития определяет уровень благосостояния населения, безопасность и возможности развития экономики. Чем больше развиты производительные силы, тем более эффективным является производство. Соответственно, становится конкурентоспособна машиностроительная продукция, которую можно реализовать как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Развитие экономики зависит от машиностроительного производства, так как эта отрасль создает средства производства, на которых можно изготавливать различные изделия транспортной, энергетической, сельскохозяйственной и других отраслей хозяйства.

Эффективность производства определяется конструкторским уровнем проработки технических решений. Необходимо закладывать соответствующий уровень конструкторских усовершенствований, которые формируют параметры конструкторских показателей качества. Технологическая проработка решений, связанных с изготовлением этих изделий, относятся к области машиностроения. Необходимо использовать оптимальное сочетание современных и традиционных методов обработки для обеспечения минимальных затрат при условии, что все конструкторские условия выполнены.

Использование современных материалов в изделиях создает новые возможности при их эксплуатации, повышает технические характеристики, надежность работы механизмов и машин. Но это также вызывает дополнительные трудности при изготовлении деталей из этих новых и перспективных материалов. Обычно эти материалы имеют повышенные

физико-механические свойства, что определяет значительный уровень сил и температур в зоне обработки. Это приводит к значительным нагрузкам на оборудование и инструмент. При этом изделия оптимизируют по массе, что приводит к значительному снижению жесткости заготовки. Все это приводит к значительным деформациям обрабатываемой заготовки. Поэтому необходимо использовать рациональные схемы закрепления и механизированные приводы зажима.

Станочные приводы являются одним из важных компонентов современных станков. Они обеспечивают передачу энергии от привода движения к рабочему инструменту и могут быть механическими, гидравлическими или электрическими. Современные станочные приводы имеют высокую эффективность и точность, а также могут быть запрограммированы для выполнения различных операций. Например, электрические приводы позволяют точно отслеживать скорость и положение рабочих органов станка. Могут быть задействованы дополнительные диагностические каналы по контролю силовых и мощностных параметров при передаче энергии, что повышает точность и качество обработки материалов.

Обработка деталей, которые входят в конструкцию приводов, является важной и ответственной задачей технолога. В данной работе рассматривается технология изготовления одной из таких деталей.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения детали

Корпусная деталь привода зажима является одним из главных компонентов привода станка, обеспечивающих надежное и точное закрепление обрабатываемых заготовок. Основное назначение детали – защита внутренних механизмов привода зажима от повреждений и воздействия внешних факторов. Также к задачам использования корпуса привода относится передача усилий и задание траекторий движения элементов привода.

Требования к корпусной детали привода зажима включают несколько параметров. Одними из главных требований являются прочность и надежность конструкции. Корпусная деталь должна выдерживать значительные нагрузки и не подвергаться деформации или разрушению в процессе эксплуатации.

Долговечность работы корпуса определяется устойчивостью к износу материала корпуса за счет соответствующего качества поверхности. Корпусная деталь должна иметь достаточную износостойкость, чтобы обеспечить длительный срок службы привода зажима.

Корпусная деталь должна быть совместима с другими деталями привода зажима и обеспечивать их надежную фиксацию или направление за счет подбора правильных посадок.

Должна быть обеспечена защита от внешних факторов для увеличения ресурса привода. Корпусная деталь должна защищать внутренние механизмы привода зажима от пыли, грязи, влаги и других вредных факторов. Она должна быть легко устанавливаемой и обслуживаемой, чтобы минимизировать время простоя станка в случае необходимости замены или ремонта привода зажима.

Корпусная деталь должна соответствовать стандартам безопасности и не представлять угрозы для оператора станка с точки зрения травматической опасности.

Фланцевая корпусная деталь с комплексом отверстий является одной из наиболее распространенных деталей в машиностроении и используется в различных конструкциях для соединения элементов между собой.

Технологичность изготовления фланцевой детали с комплексом отверстий зависит от многих факторов, таких как форма детали, количество отверстий, их расположение и размеры, материал, из которого изготавливается деталь.

Заданный корпус входит в конструкцию зажимного приспособления и используется для создания зажимных усилий за счет давления рабочих сред. Корпус служит для передачи усилия с поршня на шток, который перемещается внутри корпуса, выполненного в виде втулки.

Для определения технических требований на чертеже разделяем поверхности корпуса (рисунок 1) на четыре группы.

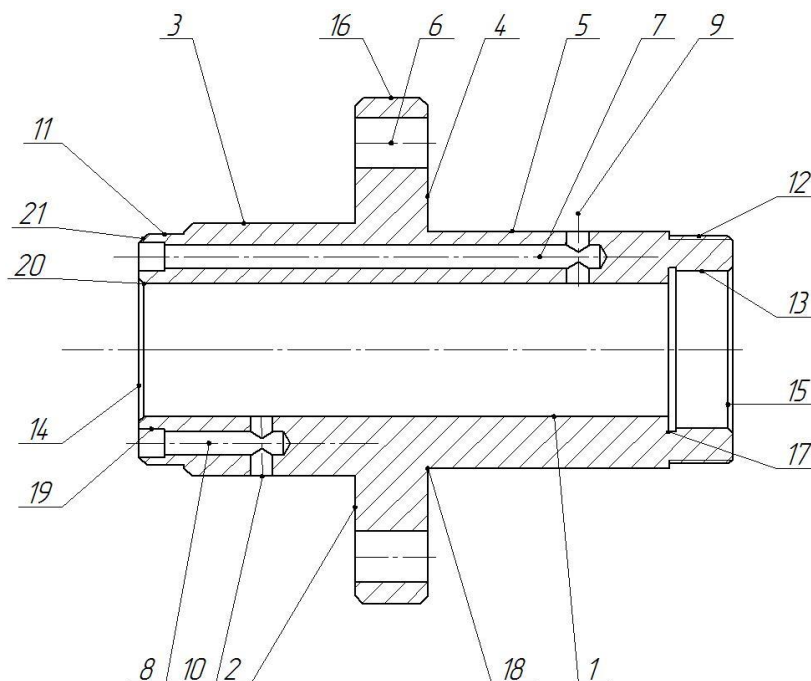


Рисунок 1 - Корпус привода зажима

Нагрузки на корпус значительные по величине. По характеру они и статические и динамические.

Основная конструкторская база определяет положение детали в приспособлении. Корпус зажима устанавливается по наружной цилиндрической поверхности 5 и по фланцу с опорой в торец 4. Фиксируется корпус через крепежные отверстия 6.

Вспомогательные конструкторские базы определяют положение присоединяемых деталей. К ним относятся крышки-гайки, а также элементы привода, которые перемещаются внутри центрального отверстия. Для крепления гаек используются резьбы 11 и 12. Для дополнительной герметизации используются посадочные поверхности: наружная шейка 3 и отверстие 13. Для перемещения поршня используется зеркало главного отверстия - поверхность 1. Эта же поверхность является исполнительной вместе с отверстиями для подачи рабочего давления 7, 9, 8, 10.

Все остальные поверхности являются свободными. На них назначают технические требования по 14 качеству.

1.2 Технологичность детали

Корпус симметричной ступенчатости. Он имеет среднюю жесткость. Конструктивные элементы являются типовыми. Протяженность поверхностей средняя, кроме отверстий для подачи рабочей среды. Они являются глубокими. При размере 7 мм длина у них 140 и 70 мм. Это требует использования специального инструмента в виде одно кромочного сверла с подачей СОЖ через внутренний канал [3].

Точность цилиндрических шеек с двух сторон от центрального фланца составляет 6 качество, при высоких требованиях к шероховатости. Главное отверстие имеет требования по 7 качеству.

Материалом корпуса выбрана сталь 40, которая имеет нормальную обрабатываемость.

Закрытыми поверхностями являются внутренняя канавка, которая получается типовым канавочным расточным резцом при его поперечном движении, и наружные канавки под выход резьбового шлифовального и резьбового инструментов. Эти канавки необходимо обрабатывать с учетом закрытой зоны обработки и сложности в подводе инструмента [24].

Деталь типовой конфигурации «втулка» или «фланец» и для нее может быть использован типовой технологический процесс.

Из-за формы и материала детали можно применять заготовки простой формы, включая прокат. Также можно использовать штамповку. В этом случае необходимо провести экономическое сравнение заготовок между собой.

Устанавливать и базировать заготовку можно как по наружным цилиндрическим поверхностям, так и по отверстию. При этом можно устанавливать заготовку с консольной схемой без поджима задним центром.

Корпус является не технологичным.

1.4 Задачи работы

Изготовление корпусной детали в виде тела вращения в серийном производстве требует разработки технологии, которая будет обеспечивать высокую эффективность процесса и заданное качество детали.

В ходе проектирования технологии должны быть учтены следующие факторы. Тип материала - для изготовления корпусной детали может использоваться различный материал, но в данном случае при выборе материала учли условия работы и назначение. Это позволило определить материал – сталь 40, для которой надо выбрать исходную заготовку и переходы.

Выбрать инструменты и оборудование для обработки корпусной детали, которые будут обеспечивать эффективную и качественную обработку. С учетом требований по чертежу необходимо особое внимание

уделить обработке глубоких отверстий. Выбрать тип сверла и его конструктивные параметры.

Спроектировать операции. Назначить скорости резания и подачи. Режимы резания должны быть определены аналитически или на основе табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента.

Нормирование после определения режимов резания.

Сформировать технологический маршрут, соответствующий технологическому процессу изготовления фланцевых деталей для выбранного типа производства.

Спроектировать приспособление, которое обеспечит надежное закрепление при высокоскоростной обработке.

Спроектировать систему для сверления глубоких отверстий, которая обеспечит высокопроизводительное и точное изготовление глубоких отверстий.

Выполнить анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотреть мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки.

Сравнить экономически работу предложенным и стандартным инструментом.

Разрабатываемый технологический процесс изготовления корпуса должен использовать как современные, так и традиционные подходы к проектированию технологического процесса и содержать различные технологические подходы.

2 Разработка технологии

2.1 Анализ базового технологического процесса

Особенности обработки и получения заготовки в типовом техпроцессе фланцевой корпусной детали с комплексом отверстий необходимо проанализировать по ряду факторов.

Выбор материала относится к конструктивной задаче. Для изготовления фланцевой детали с комплексом отверстий может использоваться различный материал, такой как сталь, алюминий, латунь. При выборе материала учитывались его свойства и требования к детали, ее функциям в приводе. Выбранный материал – сталь 40 является технологичным и по свойствам заготовительного этапа, и для обработки.

Анализ получения заготовки для типа производства, который предположительно будет серийный. Заготовка для корпуса цилиндрической формы с комплексом отверстий может быть получена различными способами, например, литьем, ковкой, штамповкой. Выбор метода зависит от требований к детали и ее размерам, возможностей производства. Существует несколько технологий, которые могут быть использованы для изготовления стальных заготовок. Литье, которое включает в себя заливку расплавленной стали в форму для придания желаемой формы, в данном случае не рационально. Это определяется выбором материала (сталь 40) и формой детали.

Ковка включает в себя нагрев заготовки и придание ей желаемой формы ковкой путем пластической деформации при свободном течении металла. Также нежелательно из-за низкой точности и увеличения расходов на обработку. Для стали 40 остаются прокат из-за ее малой стоимости или штамповка.

Обработка отверстий во фланцевой детали является одним из самых важных этапов технологии. Для обработки могут использоваться различные

методы, такие как сверление, зенкерование, растачивание, шлифование. При обработке необходимо учитывать требования к точности и качеству поверхности отверстий, расположение отверстий (соосное оси вращения детали или смещенное во фланце).

После обработки отверстий необходимо провести обработку поверхности фланцевой детали, чтобы убрать заусенцы и повысить качество поверхности. Для этого могут использоваться различные методы, такие как шлифование, полирование. К тому же требуется термообработка, после которой базовым методом обработки является шлифование.

Таким образом, изготовление указанной детали с комплексом отверстий требует учета нескольких факторов. Необходимо с учетом выбранного материала выбрать метод получения заготовки и переходы по обработке отверстий и наружных поверхностей. Технологичность изготовления зависит от многих факторов и может быть оптимизирована при правильном подходе к производству детали, в том числе за счет выбора рационального оборудования (многоцелевое) и инструментов.

2.2 Тип производства

Для заданного объема выпуска 1000 дет/год и массе корпуса гидропривода 11,2 кг выбран среднесерийный тип производства [12].

2.3 Выбор заготовки

При выборе заготовки для производства необходимо учитывать ряд факторов. Материал, подлежащий штамповке. Различные материалы имеют разную твердость, прочность и ударную вязкость, что может повлиять на способ получения заготовки. Необходимо учитывать диаметр и длину заготовки, ее ступенчатость. Ее размеры определяются возможным напуском для упрощения формы заготовки и потерями на дополнительную обработку.

Для полой заготовки необходимо определиться с желаемым размером отверстия и возможностью его получения [10].

Эти факторы должны быть приняты во внимание для эффективного проектирования заготовки и технологии ее изготовления.

Ступенчатая цилиндрическая деталь с большим перепадом диаметров (40 мм на сторону) из углеродистой стали 40 может быть получена двумя вариантами. Или из пруткового материала - проката или из заготовки, полученной давлением - штамповки.

Для сравнения заготовок надо знать их массу. Масса прутка

$$M = \frac{\pi d^2}{4} l \rho, \quad (1)$$

где d – диаметр прутка, м;

l – длина, мм;

ρ – плотность стали 40, кг/мм³.

С учетом припуска в 5 мм по фланцу и для плоскости 2,5 мм

$$M = \frac{\pi \cdot 0,165^2}{4} 0,192 \cdot 7820 = 30 \text{ кг.}$$

«Стоимость C_T корпуса привода

$$C_T = C_{\text{заг.}} \cdot M + C_{\text{мех.}} \cdot (M - m) - C_{\text{отх.}} \cdot (M - m), \quad (2)$$

где $C_{\text{заг.}}$ – стоимость базовой заготовки, руб/кг;

$C_{\text{мех.}}$ – стоимость обработки, руб/кг;

m – масса корпуса, кг;

$C_{\text{отх.}}$ – цена лома, руб/кг» [15].

«Затраты на обработку

$$C_{\text{мех.}} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad C_{\text{мех.}}, \quad (3)$$

где C_C – текущие затраты, руб/кг;

E_H – коэффициент капитальных вложений;

C_K – капитальные затраты, руб/кг» [14].

Тогда

$$C_{\text{мех}} = 10,6 + 0,15 \cdot 22,13 = 14 \text{ руб/кг.}$$

Цена лома $C_{\text{отх}}$ равна 1,4 руб/кг. «Стоимость прутка

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость материала, руб/кг;

$h_{\text{ф}}$ – коэффициент длины ($h_{\text{ф}} = 1,1$)» [15].

Тогда

$$C_{\text{заг}} = 14,4 \cdot 1,1 = 15,8 \text{ руб./кг.}$$

Затраты на прокат

$$C_{\text{т.пр.}} = 30 \cdot 15,8 + 14 \cdot (30 - 11,2) - 1,4 \cdot (30 - 11,2) = 710,9 \text{ руб.}$$

«Для штамповки

$$C_{\text{шт}} = C_{\text{баз}} h_1 h_2 h_3 h_4 h_5, \quad (5)$$

где $C_{\text{баз}}$ – стоимость штамповки, руб/кг;

h_1 – коэффициент класса точности;

h_2 – коэффициент группы сложности;

h_3 – коэффициент марки материала и массы заготовки;

h_4 – коэффициент от марки материала;

h_5 – коэффициент серийности» [11].

Стоимость штамповки для стали 40

$$C_{\text{шт}} = 27,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,8 \cdot 1 = 18,2 \text{ руб.}$$

Общая стоимость

$$C_{\text{т.шт.}} = 16 \cdot 18,2 + 14 \cdot (16 - 11,2) - 1,4 \cdot (16 - 11,2) = 351,7 \text{ руб.}$$

Выберем штамповку.

«Принимаем для штамповки припуск по ГОСТ 7505-89. Класс точности заготовки – Т4. Степень сложности - С2. Группа стали – М2. Исходный индекс равен 15» [17].

Все остальные параметры даны на чертеже заготовки. Припуски на штамповку даны в таблице 1.

Таблица 1 - Табличные припуски по ГОСТ 7505-89, мм

Размер детали	Допуск	Припуск	Размер заготовки
Диаметр 160	4,0	2,2	164,4
Диаметр 80	3,2	2,7	85,4
Диаметр 75	3,2	2,7	80,4
Длина 188	4	2,2	192,4
Длина 22	2,8	2,0	26

Для обеспечения минимального припуска при обработке в целом необходимо сформировать соответствующие требования к исходной заготовке, оборудованию, инструменту, режимам резания, организационным мерам по управлению качеством.

Учитываем исходную погрешность штамповки

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (6)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - коробление, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ – отклонение от соосности, мкм.

Для коробления

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (7)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ – удельная кривизна для штамповки точностью Т4, мкм/мм;

l - размер, мкм.

Расчет для величины смещения $\rho_{см}$, равной смещению штампов 0,8 мм.

$$\rho_{кор} = 2,5 \cdot 190 = 475 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,475^2 + 0,8^2} = 0,93 \text{ мм.}$$

Уменьшение пространственной погрешности

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{заг}, \quad (8)$$

где k_i – коэффициент уточнения.

Переходы описаны в следующем разделе. Все расчетные данные в таблицах 2 и 3. Результаты расчета припуска даны в таблице 3.

Таблица 2 - Элементы припуска, мкм

Переход	Шероховатость	Глубина дефектного слоя	Отклонения	Погрешность установки
Заготовка	250	150	930	-
Точение черновое	100	50	60	120
Точение чистовое	50	50	50	30
Шлифование черновое	30	30	40	20
Шлифование чистовое	15	5	30	8

Таблица 3 - Расчет размеров

Переход	Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
		d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
Заготовка	3,2	78,5	81,7	-	-
Точение черновое	0,35	75,843	76,19	2,7	5,5
Точение чистовое	0,074	75,416	75,49	0,43	0,7
Шлифование черновое	0,025	75,131	75,156	0,284	0,5
Шлифование чистовое	0,019	74,971	74,99	0,16	0,166

Схема размеров с допусками и припусками показана на рисунке 2.

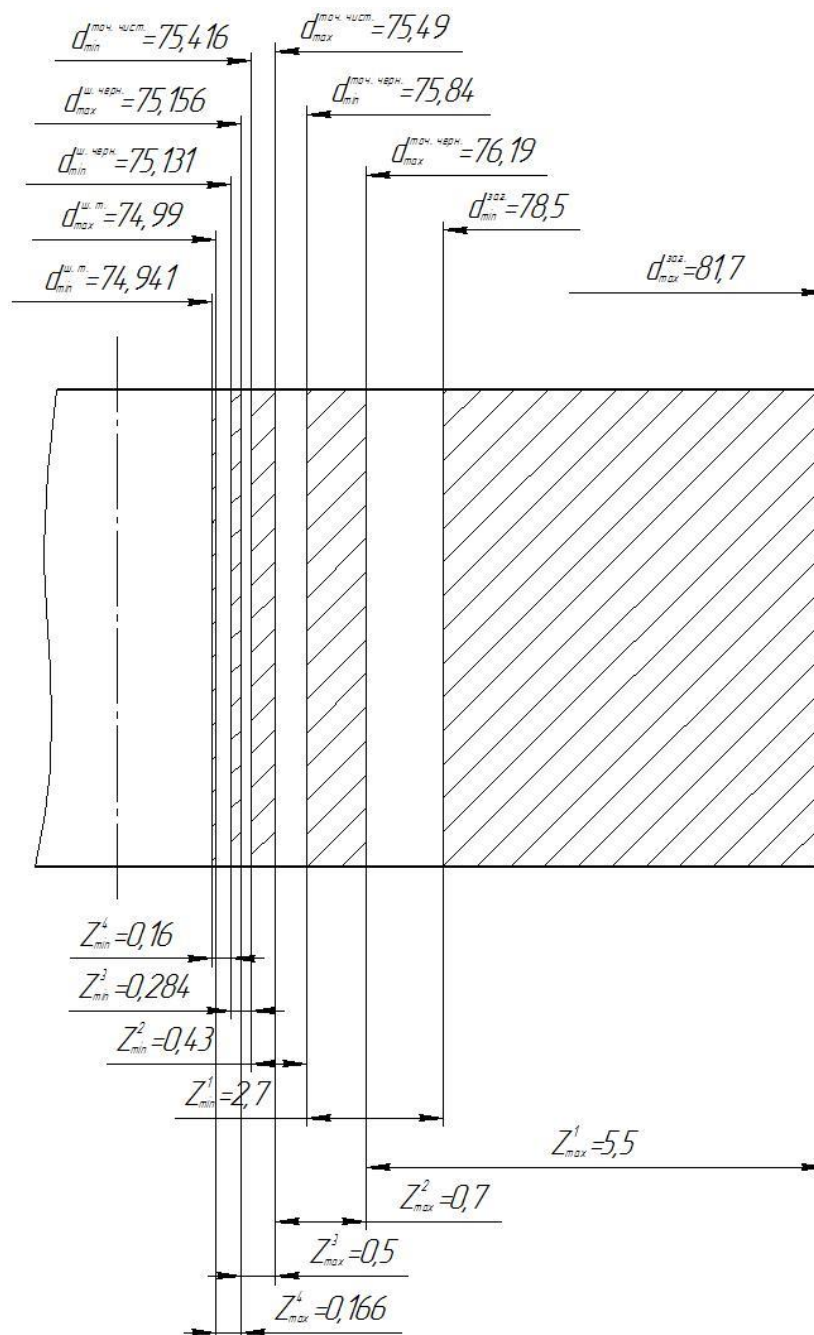


Рисунок 2 - Схема размеров с припусками

Использование качественной и точной исходной заготовки с минимальными отклонениями по размерам и форме необходимо для использования автоматизированного оборудования с высокой точностью и стабильностью обработки. Снятие минимального припуска зависит от использования качественного инструмента с минимальным износом и

возможностью периодической регулировки его положения. Также надо знать время наладки его положения или полной замены резца.

Выбор режимов резания тоже влияет на минимальные припуски при обработке за счет оптимальных условий обработки. Они обеспечивают минимум силы и температуры резания.

Организационные меры, такие как контроль качества материалов, обучение персонала, проведение регулярных проверок станков обеспечивают снижение припуска. Кроме этого влияет правильная наладка оборудования, а также использование современных технологий и методов обработки

Спроектированная заготовка представлена на листе графической части.

2.4 Выбор схему установки

Установка корпуса фланцевого типа на токарные и шлифовальные станки требует учета определенных особенностей при базировании для обеспечения точности центрирования.

Фланцевая корпусная деталь должна быть надежно закреплена в приспособлении, чтобы предотвратить любое перемещение в процессе обработки. Заготовка может быть установлена на конической оправке по отверстию, которая обеспечивает легкую и точную центровку со шпинделем станка с нулевым зазором.

Если фиксировать по наружной поверхности, то необходимо использовать зажим. Зажимной механизм должен быть сконструирован таким образом, а сила зажима выбрана так, чтобы избежать любого повреждения базовой поверхности детали и ее общей деформации, так как деталь имеет стенки средней жесткости.

Приспособление должно ограничить биение заготовки, чтобы свести к минимуму эксцентриситет при ее вращении и обеспечить концентричность цилиндрических внутренних и наружных поверхностей детали в процессе обработки.

В целом, установка данной детали на токарных и шлифовальных станках требует сочетания точности, надежности и производительности.

На рисунке 3 показаны схемы базирования.

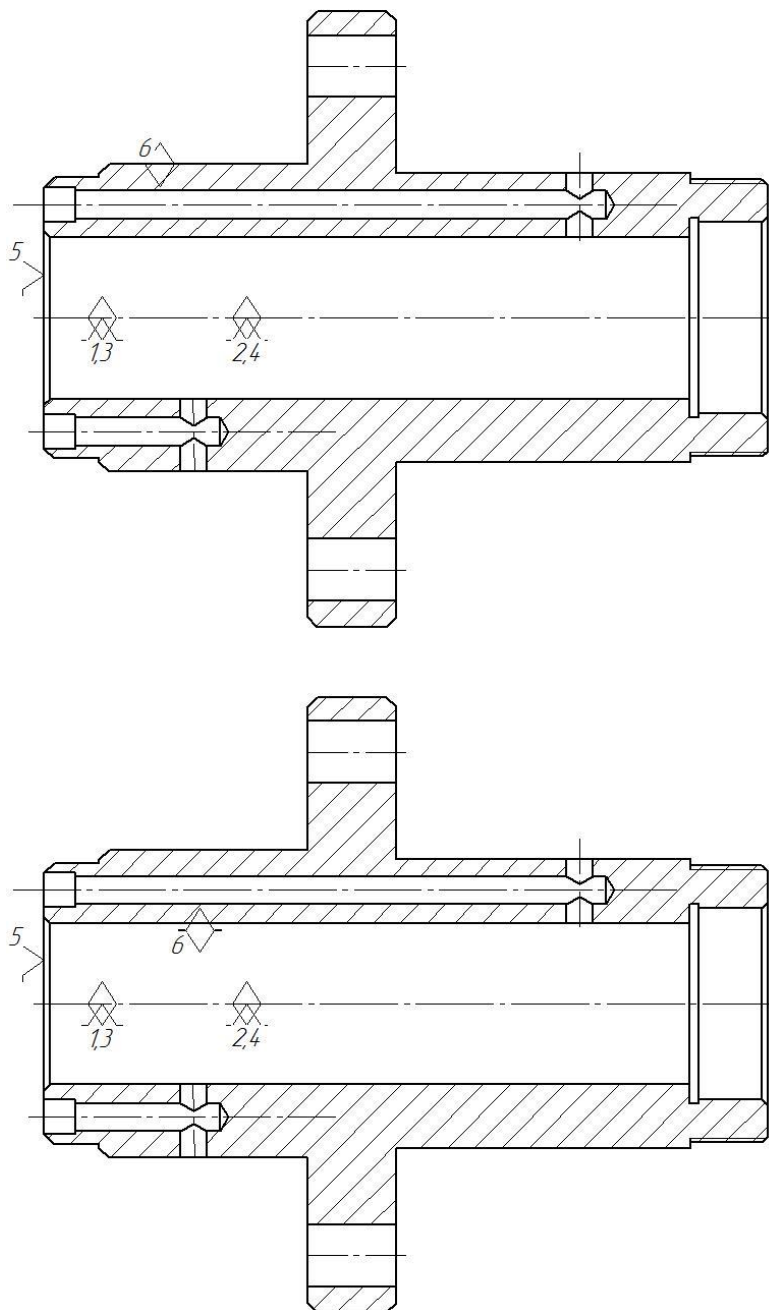


Рисунок 3 - Схемы базирования (вверху в патроне, внизу по оправке)

Используется двойная направляющая база по оси и опорная для фиксации в осевом направлении.

При определении операционных размеров на станке и их наладке следует учитывать несколько принципов, связанных с базированием. Выполнить привязку размеров необходимо к нулю координат станка, который является критической контрольной точкой на станке. Это гарантирует точность измерения размеров без погрешности базирования и дает достоверное представление об общей погрешности обработки.

Использование измерительного прибора соответствующего типа для каждого измерения с учетом контролируемого допуска по ГОСТ 8.051-81. Это могут быть штангенциркули, микрометры, индикаторы и другие прецизионные измерительные инструменты.

Необходимо использовать технологические инструкции на операции с учетом рекомендаций производителя станка или оснастки по измерению и регистрации размеров. Это обеспечивает согласованность, точность и стабильность измерений с течением времени.

2.5 Разработка маршрута

Выбор технологических переходов по обработке поверхностей корпуса фланцевого типа включает этапы:

- определение требований к изделию - определены геометрические параметры детали, требования к качеству поверхности, точности размеров и другие характеристики на рабочем чертеже детали;

- анализ возможных вариантов технологии обработки. Необходимо проанализировать различные переходы, которые могут быть применены для изготовления. Они могут включать разные комбинации фрезерования, токарной обработки, сверления, шлифования [6];

- оценка влияющих факторов на выбор технологии обработки. К ним относятся стоимость оборудования, стоимость инструментальных материалов, время обработки, требования к точности и качеству

поверхности. Нужно учесть возможности переналадки оборудования для серийного производства;

- сравнение технологических переходов с учетом оценки экономических факторов. Выбрать наиболее подходящие для конкретной ситуации по критерию минимальной себестоимости;

- определение последовательности операций и параметры обработки для каждой операции. Это включает в себя выбор инструментов, режимов резания, скорости и подачи;

- после определения последовательности переходов необходимо разработать управляющие программы для станка, которые будут использоваться для обработки заготовки [9].

С учетом конфигурации детали и материала заготовки стали 40, среднесерийного типа производства методы обработки для данных условий представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Выбор обработки поверхностей

Вид	IT	Ra	Маршрут (шероховатость Ra, мкм)
Плоские свободные	14	6,3	T(12,5)- Tч(3,2)- ТО
Плоские свободные	14	2,5	T(12,5)- Tч(3,2)- ТО - Ш(2,5)
Цилиндрические, основная база	6	1,25	T(12,5) - Tч(3,2)-ТО-Ш(2,5)- Ш(1,25)
Цилиндрические, вспомогательная база	7	1,25	T(12,5) - Tч(3,2)-ТО-Ш(2,5)- Ш(1,25)
Отверстие, вспомогательная база	7	1,25	C(6,3) - З(2,5) – ТО – Шв(1,25)
Отверстие, вспомогательная база	7	2,5	C(6,3) - P(3,2) – ТО – Шв(2,5)
Отверстия, вспомогательная база	14	6,3	C(6,3)- ТО
Резьбовая, вспомогательная база	8	6,3	C(6,3) - НР(3,2) – ТО
Фасонная (канавка)	14	6,3	C(6,3) - Pк(6,3) – ТО
Примечание: Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Шв – шлифование внутреннее; Ш – шлифование круглое наружное; С – сверление; P – растачивание черновое; Pк – растачивание канавки; НР – нарезание резьбы; ТО- термообработка;			

Выбор оборудования является критически важным для реализации эффективной технологии изготовления корпуса. Токарно-фрезерные станки являются новым направлением в станкостроении. Они универсальны и могут использоваться для самых разнообразных переходов, так как имеют широкие технологические возможности.

Добавление автоматической смены инструмента на станке за счет встроенных манипуляторов экономит время за счет быстрой и автоматической замены различных инструментов по мере необходимости.

Возможна интеграция с роботизированными системами токарно-фрезерных станков. Они могут работать в паре с транспортными и загрузочными роботами, что еще больше автоматизирует производственный процесс и снижает необходимость вмешательства человека.

Постоянный переход на более совершенные режущие инструменты. Они постоянно совершенствуются, и обновление используемых инструментов может привести к значительному повышению производительности и точности.

Внедрение систем охлаждения с комплексной очисткой-фильтрацией и охлаждением СОЖ. Встроенные системы охлаждения снижают температуру в зоне резания, обеспечивают снижение сил трения, продлевая срок службы инструмента и повышая их эффективность.

Выбранные переходы показаны в таблице 5.

Таблица 5 -Технологический маршрут

Операция, наименование	Станок	Этап	Содержание	Параметры
1	2	3	4	5
000 Заготовительная	ГКШП	-	Штамповка	Точность 16 квалитет, шероховатость Ra 20 мкм
005 Токарная	Токарный центр KL 285 QUICK	Установ А	Точение черновое 160 мм на длину 78 мм	13 квалитет, Ra 12,5 мкм
			Сверление 38 мм на длину 190 мм	11 квалитет, Ra 6,3 мкм

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
005 Токарная	Токарный центр KL 285 QUICK	Установ А	Зенкерование диаметра 40 на длину 190 мм	9 квалитет, Ra 2,5 мкм
		Установ Б	Точение черновое 160 мм на длину 80 мм	13 квалитет, Ra 12,5 мкм
			Точение чистовое 82 мм на длину 80 мм	10 квалитет, Ra 3,2 мкм
			Сверление 7 мм на длину 140 мм	10 квалитет, Ra 3,2 мкм
			Сверление 7 мм на длину 70 мм	10 квалитет, Ra 3,2 мкм
			Нарезание резьбы М8 на длину 8 мм	8 класс точности, Ra 3,2 мкм
			Сверление радиальных отверстий 7 мм на длину 20 мм	10 квалитет, Ra 3,2 мкм
			Точение канавки наружной	11 квалитет, Ra 3,2 мкм
			Точение канавки под резьбу	11 квалитет, Ra 3,2 мкм
			Точение резьбы М8 на длину 12 мм	8 класс точности, Ra 3,2 мкм
			Установ В	Точение чистовое 160 мм на длину 98 мм
		Сверление радиальных отверстий 7 мм на длину 20 мм		10 квалитет, Ra 3,2 мкм
		Растачивание 49 мм на длину 20 мм		10 квалитет, Ra 3,2 мкм
		Точение канавки наружной		11 квалитет, Ra 3,2 мкм
		Точение канавки под резьбу		11 квалитет, Ra 3,2 мкм
		Точение резьбы М72 на длину 12 мм		8 класс точности, Ra 3,2 мкм
		Растачивание канавки		11 квалитет, Ra 3,2 мкм
		Сверление отверстий во фланце 16 мм на длину 22 мм		11 квалитет, Ra 3,2 мкм
010 Термическая	Печь	-	Закалка	HRC 28-32
015 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный	Установ А	Шлифование шейки 75 мм на длину 78 мм	7 квалитет, Ra 2,5 мкм

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
015Круглошлифовальная	Круглошлифовальный SASE-5-CNC	Установ Б	Шлифование шейки 80 мм на длину 60 мм	7 квалитет, Ra 1,25 мкм
020 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный SASE-5-CNC	-	Шлифование шейки 75 мм на длину 78 мм	6 квалитет, Ra 1,25 мкм
025Внутришлифовальная	Внутришлифовальный	Позиция I	Шлифование отверстия 42 мм на 178 мм	7 квалитет, Ra 1,25 мкм
		Позиция II	Шлифование отверстия 50 мм на 20 мм	7 квалитет, Ra 2,5 мкм
030 Моечная	Моечная камера	-	Мойка	-
035 Контрольная	Стол	-	Контроль	-

Добавление сквозного программного обеспечения CAD/CAM в процесс проектирования облегчает проектирование технологии. С помощью усовершенствованного программного обеспечения CAD/CAM можно быстрее, точнее и эффективнее изготавливать сложные детали на токарно-фрезерном станке за счет автоматической генерации управляющей программы.

Внедрение систем мониторинга и отчетности в режиме реального времени за ходом реализации технологического процесса также позволяет операторам станков отслеживать производительность в режиме реального времени. Это оптимизирует рабочий процесс и сводит к минимуму простои.

2.5 Выбор средств оснащения

При выборе станков и оснащения для изготовления фланцевого корпуса необходимо учитывать следующие несколько факторов.

Для реализации заложенных переходов в таблице 5 технологические возможности станка должны соответствовать требованиям производства, включая размеры, формы и материал заготовки, точность размеров.

Производительность станка в зависимости от объема производства и требований к скорости изготовления деталей должна быть соответствующей. Необходимо выбирать станок с определенной производительностью.

Необходимо выбирать станки, которые будут экономически оправданными и не будут требовать больших затрат на их обслуживание. При выборе станков необходимо учитывать уровень квалификации операторов, которые будут работать на них. Автоматизированные станки требуют большой квалификации и опыта для их использования. Но станки с ЧПУ обеспечивают при высокой производительности точность и гибкость для обработки разных деталей в серийном производстве.

Станок должен быть способен точно позиционировать деталь в заданном положении для обработки или определять положение базовой поверхности, от которой ведется настройка положения инструмента.

Шлифовальные круги, используемые для обработки фланцевых деталей на круглошлифовальной и внутришлифовальной операциях, следует выбирать исходя из их свойств, материала и параметров заготовки. В процессе обработки следует использовать систему охлаждения для предотвращения перегрева заготовки.

Контрольные средства, необходимые для изготовления фланцевого корпуса, используются с прямым отсчетом параметра и косвенным, универсальные и специализированные. Калибры используются для проверки размеров на соответствие требованиям чертежа для резьбовых элементов. Микрометры – необходимы для измерения точных размеров. Глубиномеры – используются для проверки глубины отверстий. Приборы для контроля твердости материала – необходимы для проверки твердости материала после термообработки.

Важно выбирать контрольные средства, которые обеспечивают максимально точный и надежный контроль производимых заготовок. Они должны соответствовать требованиям стандартов качества и точности деталей, которые производятся.

Перед проведением каких-либо измерений необходимо убедиться, что устройство правильно откалибровано и обслуживается. Это поможет предотвратить ошибки и неточности в процессе измерения.

Все измерения документируются в контрольных картах, хранятся в базе данных для удобства использования в будущем. Это может помочь выявить любые тенденции в работе оборудования или изменения в производительности станка с течением времени.

Следуя этим принципам, можно гарантировать точное измерение и регистрацию размеров на станках, что поможет поддерживать их производительность и продлить срок службы.

Глубокое сверление – это процесс сверления отверстий определенной глубины. В нашем случае при диаметре 7 мм длина 140 мм. Обычно термин глубокое сверление применяется к отверстиям, которые имеют длину, большую или равную семи диаметрам сверла.

Особенности глубокого сверления заключаются в том, что процесс требует специализированного оборудования и высокотехнологичного инструмента. В процессе глубокого сверления могут быть получены высокоточные отверстия (до 9 качества) с правильной геометрией отверстий по профилю и прямолинейности. Это делает глубокое сверление идеальным для производства деталей, которые требуют точных отверстий, например, для бензиновых и дизельных двигателей, гидравлических и пневматических систем, аэрокосмических и авиационных приборов, оружия.

Станки для глубокого сверления оснащены специальными головками, призмами и центрирующими устройствами, которые обеспечивают высокую точность и надежность процесса сверления. Кроме того, станки могут быть оснащены системами охлаждения и смазки, которые позволяют улучшить качество отверстий и повысить производительность. Современный станок в виде токарного центра может оснащаться адаптерами для подачи СОЖ через канал внутри сверла. Также могут ставиться стружкоприемники для отделения стружки из охлаждающей жидкости.

Инструмент для глубокого сверления включает в себя специальные сверла с малыми углами в плане, рабочей частью или цельной или в виде припаянной пластины со строгими требованиями к точности изготовления. Для направления используются борштанги различного вида и материала в зависимости от требований к форме и размеру отверстия.

Все оснащение сведено в таблице 6.

Таблица 6 - Средства оснащения

Операц ия	Станок	Приспособление	Инструмент	Измерительное средство
1	2	3	4	5
010 токарная	Токарный центр KL 285 QUICK	7102-0065 Патрон ГОСТ 24351-80; Люнет SMW- AUTOBLOK SLU3	PDINR2020K15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82; 035-2302-0011 Сверло диаметром 38 мм T15K6 ОСТ 2И20-9-84; 2140-0304 Резец T15K6 ГОСТ 26612-85; 2130- 0382 Резец P18 ГОСТ 18874-73; 035-2126-1179 Резец T14K8 ОСТ 2И10-7-84; 035-2126-1181 Резец T14K8 ОСТ 2И10-7-84; 2660-0005 Резец T15K6 ГОСТ 18885-73; К.01.4982.000-00 Резец T15K6 ТУ 2-035-1040-86; 2301-1010 Сверло 7 мм P6M5 ГОСТ 19547-74; 2310- 0028 16 мм P18 ГОСТ 28320-89 Патрон для сверл Coromant Delta ISO 7388/1	ШЦ-1 ГОСТ 166-80 Калибры межосевых размеров отверстий ПР, НЕ Электронный штангенциркуль ГОСТ 166-80 Микрометр ГОСТ 6507-60 Кольцо резьбовое ПР, НЕ для контроля резьб M72x2 и M76x3

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
0150,020 Кругло-шлифовальная	Универсальный торцевкруглошлифовальный станок с угловой врезной подачей SASE-5-CNC фирмы Schleifmaschine nwerk GMBH	Специальное приспособление	Шлифовальный круг ГОСТ 2424-70 24A25CM18K	Электронная система слежения обрабатываемых параметров.
025 Внутришлифовальная	Универсальный внутришлифовальный станок SIU 5 R CNC фирмы BWF	Специальное приспособление	Шлифовальная головка AW40x60 24A25-НСТ1К	Электронная система слежения обрабатываемых параметров

Все оснащение проверено на соответствие присоединительным размерам станков.

2.7 Расчет режимов резания

Особенность выбранного станка - разная мощность на шпинделе (18 кВт) и контршпинделе (14 кВт). Фланец имеет присоединительный размер А6. Количество позиций инструмента – радиальных 6, осевых -12. Размер станка по площади 2755×1752 мм.

Токарная операция включает 17 переходов. Расчет подробно приведем для перехода по сверлению основного отверстия (36 мм) и глубоких отверстий длиной 70 и 140 мм.

Для определения режимов резания и нормирования при проектировании технологии необходимо учесть тип материала, который будет обрабатываться – сталь 40. На основе типа материала заготовки

выбрать оптимальный материал режущей части. Определить подачу, исходя из типа обрабатываемого материала и глубины сверления. Рассчитать скорость резания. Рассчитать глубину сверления (L), которая зависит от требуемой длины отверстия и длины рабочей части сверла.

Нормировать режимы резания и подачи, учитывая максимальные значения для каждого параметра, которые не должны превышать, чтобы обеспечить стойкость и прочность сверла.

Определить необходимые режимы резания и подачи для обработки с учетом выбранных инструментов и оборудования.

Провести тестовую обработку для проверки эффективности выбранных режимов резания и подачи и внести необходимые корректировки в технологию обработки.

Глубина резания t при сверлении равна половине диаметра (18 и 3,5 мм соответственно).

Подачу S (мм/об) выбираем с учетом диаметра инструмента сверла 035-2302-0011 ОСТ 2-И20-9-84 диаметр 36 мм [19] и двух сверл для последовательной обработки MHS MWS0070X8D8 7 мм с длиной рабочей части 77 мм и MHS 0710L150B 7 мм с длиной рабочей части 149 мм.

Для сверления скорость находится с учетом диаметра сверла при длине рабочего хода и подаче S_0

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_{vl} \cdot K_v, \quad (9)$$

где D – диаметр сверла 36 мм;

C_v, m, x, y, q, u, p - коэффициент и показатели степени для условий обработки, отличающихся от базовых;

T – принятый период стойкости, мин;

S – подача, мм;

K_v – коэффициент материала;

K_{vl} – коэффициент влияния вылета.

Для материала 40

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (10)$$

где n_v - показатель для метода обработки.

Для материала заготовки

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{570} \right)^1 = 1,31.$$

С учетом остальных коэффициентов

$$K_v = 1,31 \cdot 1 \cdot 1 = 1,31.$$

Тогда скорость

$$V = \frac{9,8 \cdot 36^{0,4}}{70^{0,2} \cdot 0,316^{0,5}} \cdot 1,31 = 40 \text{ мм/мин.}$$

Результат подстановки

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 36} = 362 \text{ мин}^{-1}.$$

Результат вычислений

$$S_m = 0,316 \cdot 362 = 114 \text{ мм/мин.}$$

Для силовой проверки сверления используется расчет крутящего момента

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (11)$$

где C_M – коэффициент условий обработки по подаче;

x, y, n, u, q, ω – показатели степени для вида обработки;

K_{mp} - коэффициент на материал заготовки и инструмента.

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (12)$$

где C_p – коэффициент условий обработки по подаче;

x, y, n, u, q, ω – показатели степени для вида обработки;
 $K_{\text{мр}}$ - коэффициент на материал заготовки и инструмента.

После подстановки показателя для сверления

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{570}{750}\right)^{0,85} = 0,79.$$

Для перехода

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 36^2 \cdot 0,316^{0,8} \cdot 0,79 = 140,5 \text{ Нм.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 36^1 \cdot 0,316^{0,7} \cdot 0,79 = 8634 \text{ Н.}$$

Аналитический расчет проведен на основные лимитирующие переходы. На остальные переходы режимы резания выбираются табличными или путем автоматизированного проектирования с калькуляторами режимов резания. Сводные результаты расчета представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания

Установ	Переход	Глубина, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Обороты, об/мин
1	2	3	4	5	6
А	Точение черновое	2	0,7	114,6	228
	Сверление диаметр 36 мм	18	0,316	40	362
	Зенкерование диаметра 40 на длину 190 мм	2	0,6	115	482
Б	Точение черновое 160 мм на длину 80 мм	2	0,7	114,6	228
	Точение чистовое 82 мм на длину 80 мм	0,25	0,25	281	1091
	Сверление 7 мм на длину 140 мм	3,5	0,075	7,4	337
	Сверление 7 мм на длину 70 мм	3,5	0,075	7,4	337
	Нарезание резьбы М8 на длину 8 мм	0,5	0,5	8	318
	Сверление радиальных отверстий 7 мм на длину 20 мм	3,5	0,075	7,4	337
	Точение канавки наружной	0,25	0,25	281	1091
	Точение канавки под резьбу	0,25	0,25	281	1091
	Точение резьбы М80 на длину 12 мм	1,5	1,5	24	96

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
В	Точение чистовое 160 мм на длину 98 мм	0,25	0,25	281	560
	Сверление радиальных отверстий 7 мм на длину 20 мм	3,5	0,075	7,4	337
	Растачивание 49 мм на длину 20 мм	0,2	0,2	175	1137
	Точение канавки наружной	0,25	0,25	281	1091
	Точение канавки под резьбу	0,25	0,25	281	1091
	Точение резьбы М72 на длину 12 мм	1,5	1,5	24	106
	Растачивание канавки	0,25	0,25	240	1529
	Сверление отверстий во фланце 16 мм на длину 22 мм	8	0,352	11,8	235

Общая информация по технологическому процессу переносится в маршрутную карту, представленную в приложении А в таблице А.1. Подробные сведения по операциям приведены в операционной карте в таблице Б.2 в приложении Б.

Также информация переносится в технологическую наладку.

2.8 Нормирование

Нормирование является заключительным этапом проектирования технологического процесса. Для выбранного типа производства оно проводится комбинированным таблично-расчетным методом. С учетом серийного типа производства необходимо найти штучно-калькуляционное время, которое складывается из двух составляющих [13].

Штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{шт}} \quad (13)$$

где n – партия запуска (47 деталей).

Первое слагаемое подготовительно-заключительное время $T_{п-з}$ определяет общее время подготовки к обработке партии запуска данной детали, а также время завершения работ.

Вторым слагаемым является штучное время $T_{шт}$, которое включает в себя четыре элемента:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}, \quad (14)$$

«где T_o – время обработки, мин;

T_v – время на вспомогательные переходы, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания, мин;

$T_{от}$ – время отдыха» [8].

Для расчета штучного времени необходимо определить основное время выполняемых переходов. Оно находится в соответствии с длиной обрабатываемых поверхностей, количеством технологических переходов, количеством однотипных рабочих ходов, а также режимом обработки: подачей и частотой вращения.

«Время обработки:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{мин}}, \quad (15)$$

где l_1 – расстояние быстрого подвода, мм;

l_p - длина резания, мм;

l_2 - перебег, мм;

$S_{мин}$ - подача, мм/мин» [12].

Для переходов, где перемещение сложное или работает много инструментов, формула усложняется. Для этого суммарную длину рабочих ходов делим на минутную подачу по переходам для черновой обработки:

Для всех технологических переходов необходимо определить время вспомогательных переходов с установкой заготовки, выполнением операционного контроля, а также управлением станка

$$T_{\text{в}} = (T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}}) \cdot K_{\text{ср}}, \quad (16)$$

«где $T_{\text{у.с.}}$, $T_{\text{з.о.}}$ - время манипуляции заготовкой в патроне, мин;

$T_{\text{уп}}$ - время на управление, мин;

$T_{\text{из}}$ - время контроля, мин;

$K_{\text{ср}}$ - коэффициент учета дополнительных потерь для серийного типа технологии» [21].

Для данных условий

$$T_{\text{в}} = (0,15 + 0,03 + 0,09 \cdot 12 + 0,15 \cdot 12) \cdot 1,85 = 5,7 \text{ мин.}$$

На переходы по обработке отверстий диаметром 7 мм уйдет

$$T_{\text{о}} = \frac{42+72+142}{25} = 10,1 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{в}} + T_{\text{о}}. \quad (17)$$

$$T_{\text{оп}} = 5,7 + (1,7 + 1,7 + 0,66 + 0,26 + 3 \cdot 0,02 + 0,16 + 0,97 + 1,4 + 1,2 + 10,1) = 5,7 + 18,21 = 23,91 \text{ мин.}$$

Третье слагаемое время на организационно-техническое обслуживание. Так же, как и четвертый элемент - время на личные надобности, они определяются в процентах от оперативного времени

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot \frac{a}{100}. \quad (18)$$

где a – коэффициент.

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (19)$$

где b – для детали заданной массы.

С учетом полученных значений оперативного времени определены составляющие для организационно - технического обслуживания и время на отдых и личные надобности

$$T_{об} = 23,91 \cdot \frac{6}{100} = 1,4 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = 23,91 \cdot \frac{5}{100} = 1,2 \text{ мин.}$$

В результате суммарное штучное время равно

$$T_{шт} = 23,91 + 1,4 + 1,2 = 26,5 \text{ мин.}$$

Итогом нормирования является определение штучно-калькуляционного времени, которое равно

$$T_{шт-к} = \frac{45}{37} + 26,5 = 27,7 \text{ мин.}$$

Для всех переходов проведено определение основного времени и необходимых выбранных вспомогательных переходов.

Технологическая и конструкторская документация процесса является важнейшей частью подготовки производственного процесса. По результатам проектирования технологии маршрутная карта представлена в таблице А.1 приложения А, а операционная карта в таблице Б.1 приложения Б.

Заключительной стадией подготовки производства является создание кроме технологических документов, указанных в приложении, методик и карт контроля, необходимых для обеспечения управления качеством.

Проектирование технологии включает в себя также проектирование оснастки и приспособлений, необходимых для изготовления детали. Также оно включает создание программ с ЧПУ с учетом инструмента.

При внедрении технологии будут еще несколько этапов, которые в данной работе не рассматриваются. Планирование производства после разработки технологического плана идет следующей задачей. Оно

заключается в создании производственного графика в виде определения производственной последовательности (может быть в виде диаграммы Ганта), планирования необходимого сырья и ресурсов.

При внедрении разработанной технологии необходимо организовать производство и контроль качества. Заключительным этапом является изготовление детали в соответствии с производственным планом и документирование результатов. Качество заготовок и готовых деталей необходимо контролировать на протяжении всего производственного процесса, чтобы убедиться, что они соответствуют требуемым техническим требованиям.

Тщательная проработка каждого из этих этапов поможет гарантировать, что конечный результат – корпус привода, будет требуемого качества и будет соответствовать эксплуатационным требованиям.

Выводы по разделу

В разделе на основе типового технологического процесса для выбранного типа производства проведено проектирование технологии изготовления детали. На основе технико-экономического сравнения выбрана исходная заготовка и проведено ее проектирование с назначением припусков и определением размеров на операции. Для сформированных технологических переходов выбраны операции, оборудование и оснащение. Выявлена лимитирующая технологическая операция. Для нее проведен расчет режимов резания и нормирование.

3 Разработка оснастки

3.1 Проектирование приспособления

Разработка станочного приспособления для зажима заготовки является важным этапом в производстве деталей на станках с ЧПУ. Это позволяет обеспечить точность и повторяемость обработки, а также увеличить производительность и снизить количество брака [1].

Перед началом разработки необходимо определить требования к приспособлению. Это может включать в себя такие параметры, как размеры заготовки, ее форму, материал, требования к точности обработки, скорость обработки. Также необходимо учитывать возможности станка и инструментов, которые будут использоваться для обработки.

На основе требований к приспособлению необходимо разработать его конструкцию. Это может включать в себя выбор материалов, размеров и формы элементов, способа крепления на станке, способа зажима заготовки и т.д. Важно учитывать возможности производства и сборки приспособления.

После проектирования необходимо создать чертежи и 3D-модели приспособления. Это позволит убедиться в правильности конструкции и способности приспособления удовлетворять требованиям к обработке заготовки.

После утверждения чертежей и моделей приспособление изготавливается на производстве. Важно следить за соответствием изготовленных деталей чертежам и моделям, а также за качеством используемых материалов [5].

После изготовления приспособление необходимо протестировать на станке. Это позволит убедиться в его работоспособности, точности и надежности. Если необходимо, производится настройка приспособления для достижения необходимых параметров обработки.

После успешных испытаний приспособление может быть внедрено в производство. Важно обучить персоналу правильной эксплуатации и обслуживанию приспособления, а также следить за его состоянием и производительностью [18].

Присоединительные размеры патрона показаны на рисунке 4 – тип А6.

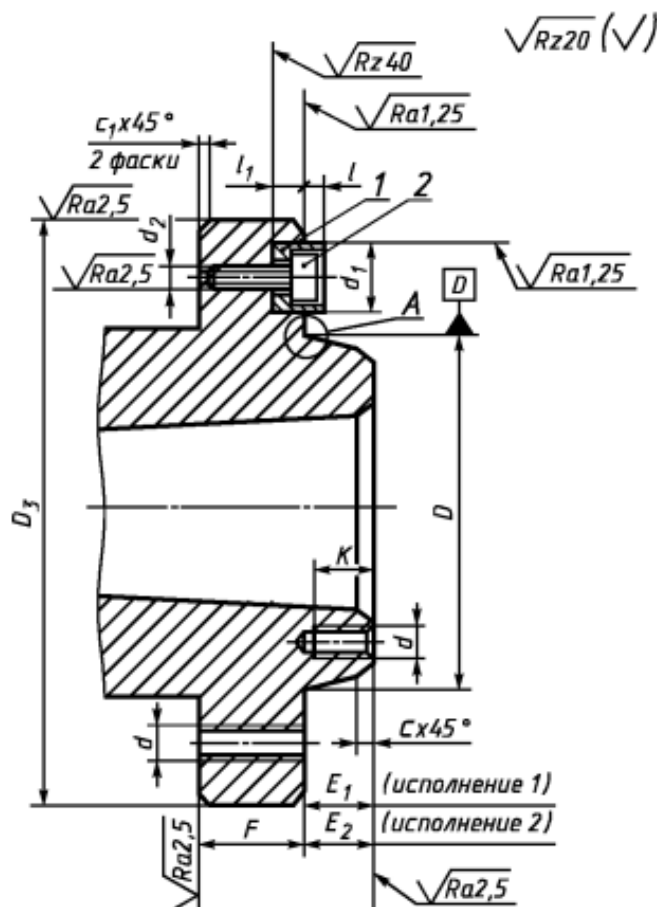


Рисунок 4 – Присоединительные поверхности фланца шпинделя

Сведения о заготовке включают в себя информацию о типе заготовки, состоянии поверхности, материале. Штамповка, без обработки, 40.

Виды зажимных патронов для закрепления цилиндрических деталей отличаются видом зажимных механизмов. Механические зажимные патроны включают в себя винтовые, рычажные, клиновые, комбинированные механизмы. Приводы зажима тоже различаются по принципу работы.

Гидравлические зажимные патроны используются для обеспечения закрепления заготовок с большим усилием и передачей давления рабочих жидкостей. Пневматические зажимные патроны закрепляют путем передачи давления воздуха, что обеспечивает надежное и быстрое закрепление детали.

Исходные данные для проектирования самоцентрирующего переналаживаемого патрона необходимо обеспечить в следующем объеме.

Диапазон размеров зажимаемой заготовки: от 60 мм до 200 мм. Требуется возможность быстрой переналадки на новый диаметр за несколько секунд путем смены или перестановки сменного кулачка.

Максимальная нагрузка на заготовку до 10000 Н. Наличие механизма самоцентрирования для обеспечения высокой точности зажима. Переналаживаемый патрон должен быть совместим со шпинделями станков с различными конусами и креплениями. Рабочая поверхность патрона должна иметь высокую твердость и износостойкость для увеличения срока службы. Требования к точности зажима: не менее 0,02 мм для диаметров зажимаемых деталей до 100 мм и не менее 0,05 мм для диаметров до 200 мм.

Патрон должен быть легким и компактным для удобства переналадки и смены оснастки при запуске другой заготовки. Требуется механизм быстрой фиксации зажимаемых деталей для экономии времени на ручной зажим за счет механизации.

Материал для изготовления корпуса и зажимных элементов: высокопрочная сталь с покрытием для защиты от коррозии.

Для расчета силы зажима в зажимном патроне необходимо знать следующие параметры: диаметр корпуса патрона (D), коэффициент трения между установочным элементом и заготовкой (μ), максимальную силу зажима (F).

Для расчета диаметра поршня привода гидравлического зажима необходимо учитывать необходимое усилие зажима (F), которое зависит от типа и размера зажимаемой детали, давление в гидросистеме (P). Оно определяется мощностью гидронасоса и объемом рабочей жидкости. Также

зависит от коэффициента запаса прочности, который рассчитывается в зависимости от условий эксплуатации и требований безопасности.

Для определения условий обработки для выбранных переходов необходимо учесть, что станочное приспособление используется при выполнении всех переходов, начиная с черновых. Черновые переходы проводятся со снятием максимального слоя материала. Поэтому на них будет возникать максимальная сила резания. Поэтому расчет момента резания будем выполнять только для черновых переходов (рисунок 4).

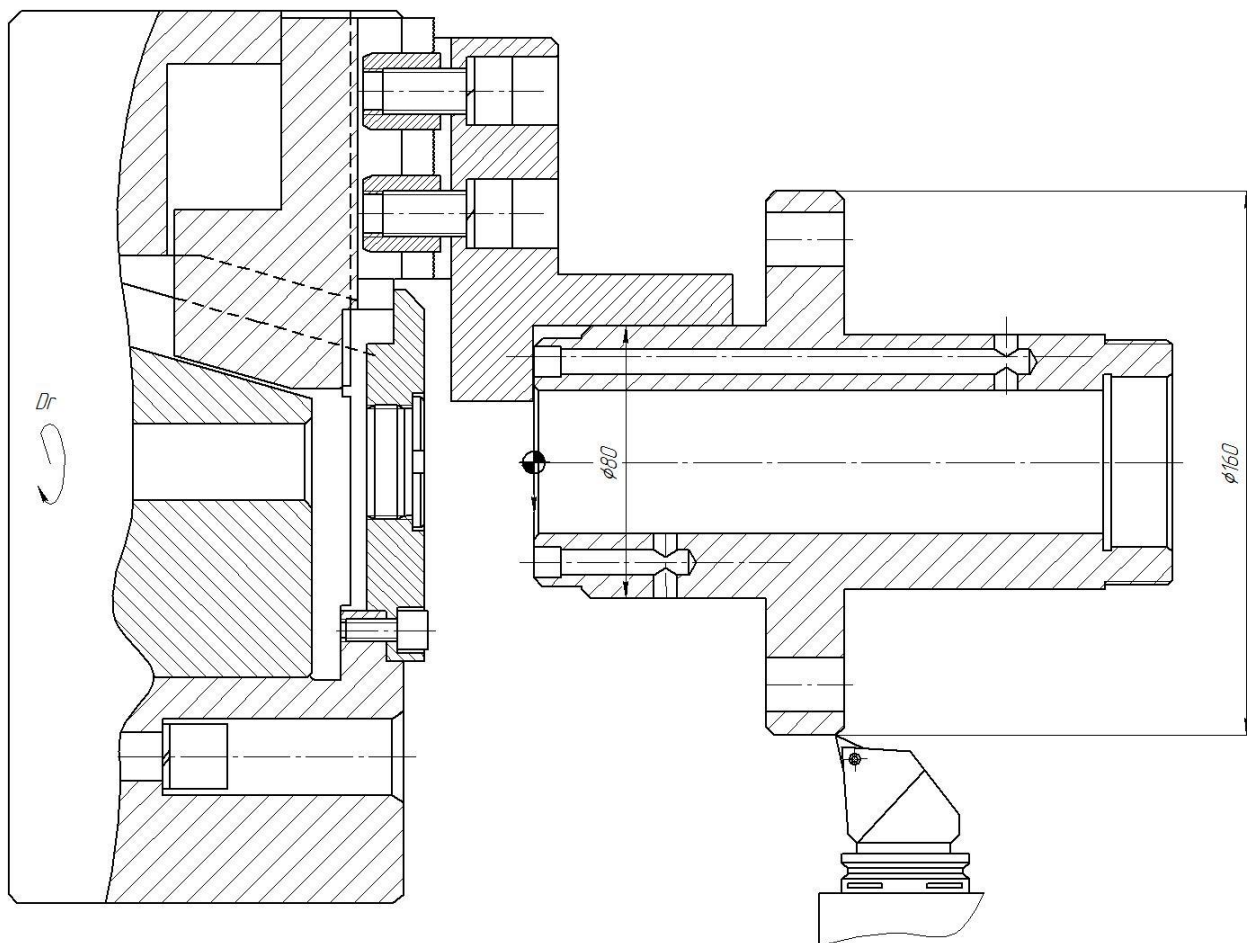


Рисунок 4 -Схема сил резания и зажима при точении

Смещению или повороту заготовки в установочных зажимных элементах приспособления препятствует момент закрепления. Он возникает

за счет приложения силы зажима и сил трения между базовой поверхностью заготовки и зажимной поверхностью элементов станочного приспособления.

Моменты резания и закрепления должны уравниваться с учетом дополнительного коэффициент безопасности, который необходим для гарантированного и надежного закрепления заготовки.

$$W = \frac{k \cdot (P_z \cdot l_1 + P_y \cdot l_1 + P_x \cdot l_2)}{m \cdot f \cdot l_3}, \quad (20)$$

«где k – коэффициент безопасности;

P_z – тангенциальная сила, Н;

P_y – радиальная сила, Н;

P_x – осевая сила, Н;

$l_{1,2,3}$ – расстояние линий действия сил, м;

m – количество зажимов;

f – коэффициент трения» [4].

Коэффициент безопасности определяется по набору коэффициентов. Они учитывают характер обработки, кинематику процесса, состояние поверхности заготовки и режущего инструмента, схему установки и закрепления

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (21)$$

где k_0 – базовый коэффициент;

k_1 – коэффициент непостоянства сил резания;

k_2 – коэффициент для износа;

k_3 – коэффициент для ударного резания;

k_4 – коэффициент зажима ручного и механизированного;

k_5 – коэффициент удобства для ручного зажима;

k_6 – коэффициент базирования.

Для базового коэффициента 1,5. Тогда

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,28.$$

Для выбранных режимов обработки силы резания определены по [12].

Тогда

$$W = \frac{2,5 \cdot (3226 \cdot 0,08 + 1658 \cdot 0,120 + 978 \cdot 0,04)}{3 \cdot 0,3 \cdot 0,045} = 30627 \text{ Н.}$$

После определения минимально необходимой силы зажима необходимо учесть ее преобразования с использованием усиливающего механизма.

$$W_1 = \frac{30627}{1 - \left(\frac{85}{120} \cdot 0,08 \right)} = 32582 \text{ Н.}$$

Силовое передаточное отношение определяется параметрами этого зажимного механизма.

$$Q = \frac{W}{i_C}, \quad (22)$$

где i_C – передаточное силовое отношение.

Силовое отношение i_C определяется параметрами зажимного механизма. Это клиновой механизм. Поэтому по углу α клинового механизма. Его принимают по [19]. Для данной схемы она равен 7° . Тогда i_C равно 2,7.

Усилие на штоке

$$Q = \frac{32582}{2,7} = 12067, \text{ Н.}$$

Диаметр корпуса патрона d_{Π} :

$$d_{\Pi} = d_{\max} + 2 \cdot H, \quad (23)$$

где d_{\max} – максимальный диаметр базовой поверхности, мм.

$$d_{\Pi} = 95 + 2 \cdot 110 = 315 \text{ мм.}$$

Примем 320 мм. С учетом найденного значения усилия на штоке определяем характеристики исходного привода зажима. В качестве такого привода можно использовать или гидравлическое или пневматическое устройство в зависимости от необходимой величины усилия зажима.

Определяем диаметр поршня с учетом определенного процента потерь

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P \cdot \mu}} \quad (24)$$

где P – давление, Мпа;

η - коэффициент полезного действия.

Для гидравлики примем $P = 5$ МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{12067}{0,95 \cdot 5}} = 56 \text{ мм.}$$

Принимаем поршень размером 63 мм.

«Для обеспечения необходимой точности установки заготовки приспособление должно обеспечивать заданную погрешность установки. Она не должна превышать 30% от технологического допуска. Оптимальным соотношением является точность на уровне 10% от допуска технологического размера» [15].

Погрешность установки в данном приспособлении определяется параметрами зажимного механизма, который формирует размерную цепь, включающую в себя несколько элементов. Погрешность установки будет определяться неточностью изготовления деталей, которые входят в механизм зажима [20]. Необходимо учесть погрешность от параметров, показанных на рисунке.

Тогда погрешность

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^n TA^2}, \quad (25)$$

где TA – допуск на составляющее звено цепи, мм.

Учитываем зазоры в клиновом соединении, погрешность размеров центровика, постоянного и сменного кулачков. Эти размеры делаем по жестким допускам. Тогда погрешность равна

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{0,008^2 + 0,006^2 + 0,012^2 + 0,005^2} = 0,016 \text{ мм.}$$

Спроектированное приспособление предназначено для установки и базирования заготовки корпуса привода на токарной операциях.

Приспособление состоит из корпуса 1, присоединительные размеры посадочного отверстия которого соответствует параметрам шпинделя станка А6. В центральном отверстии корпуса 1 по скользящей посадке перемещается клиновой привод 2. По резьбе он соединяется со штоком гидравлического привода зажима. При помощи резьбовой втулки 3 происходит фиксация шпильки 4 по резьбовому отверстию. В Т-образных наклонных пазах клинового привода 2 по скользящей посадке перемещаются постоянные кулачки 5. Они соединяются со сменными кулачками 6, которые имеют возможность перемещаться в радиальном направлении. Через промежуточные втулки 12 они зацепляются как с постоянными кулачками 4. Фиксация винтами 10 сменных кулачков 5 в определенном положении, соответствующем определенному радиальному размеру зажимаемой заготовки. Для обеспечения соосности движения клинового привода 2, а также защиты внутренних механизмов от попадания грязи и стружки, отверстие в корпусе 1 со стороны заготовки закрывается ступенчатой крышкой 7, которая фиксируется при помощи винтов 9. В центре крышки 7 расположен винт-крышка 8.

Патрон работает следующим образом. Перед обработкой заготовки на заданный диаметр выставляются сменные кулачки 5 путем перемещения сменных кулачков на заданный размер. Далее фиксируются вращением винтов 10. После этого происходит обработка заготовки. При подаче давления в привод зажима и перемещении клинового привода 2 влево

происходит смещение кулачков 5 и 6 к осевой линии и происходит закрепления заготовки. При подаче давления в противоположную полость рабочего цилиндра и перемещение клинового привода 2 происходит подъем кулачков 6 от заготовки ее раскрепление. Спецификация в таблице Б.1 приложения Б.

3.2 Проектирование инструмента

Глубокое сверление – это процесс изготовления отверстий большой глубины в материалах с высокой степенью твердости и прочности, например, в металлах, керамике, композитах. Основные особенности глубокого сверления заключаются в характеристиках отверстия и оснащения.

Для обеспечения высокой точности и качества поверхности толщина стенок отверстия должна быть равномерной и отсутствовать заусенцы на входе и выходе отверстия [16].

Глубокое сверление требует специального инструмента. Обычные сверла не могут обеспечить нужной точности и глубины сверления.

Процесс глубокого сверления требует специальной технологии. Высокая скорость вращения инструмента, подача охлаждающей жидкости через инструмент, правильный выбор скорости резания и подачи [22].

Технология глубокого сверления может включать в себя несколько дополнительных переходов. Первый переход связан с подготовкой траектории направления основного инструмента путем зацентровки. Инструмент центровочное сверло. Используется для центрирования перед основным сверлением, чтобы обеспечить точность расположения отверстий.

Основное одно кромочное сверло с определенностью базирования используется для сверления глубоких отверстий. Оно имеет каналы для подвода охлаждающей жидкости и каналы для отвода стружки с СОЖ. Рабочая часть из инструментального материала имеет специализированную геометрию.

С учетом материала инструмента Т15К6 закрепленного на борштанге из материала 40ХН припоем Пр Ср ГОСТ19739-74 геометрия по [23], приведена на рисунке 5.

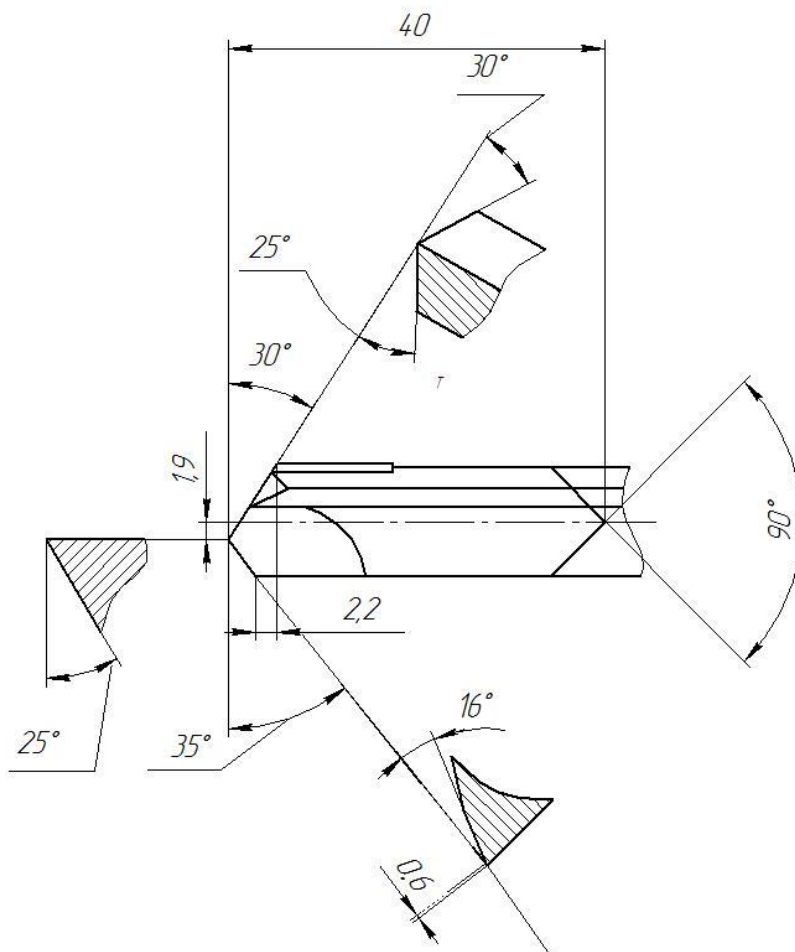


Рисунок 5 – геометрия режущей вставки сверла

Кожух стружкоприемника направлен на защиту оператора от стружки и разбрызгивания охлаждающей жидкости.

Требуется специальная наладка всего станка. Она включает правильную установку инструмента в направляющем устройстве, патрона с заготовкой с контролем глубины сверления.

Инструменты для глубокого сверления могут быть изготовлены из высококачественных сталей и сплавов, чтобы обеспечить высокую прочность и долговечность, а также демпфирование колебаний.

Сверло для обработки центрального отверстия должно обеспечивать высокую производительность и жесткость инструмента.

Однокромочное сверло для глубокого сверления - это инструмент, предназначенный для сверления отверстий большой глубины в металлических заготовках. Оно состоит из стержня с канавкой для охлаждающей жидкости и рабочей части с одним режущим кромком.

Особенности конструкции следующие. Рабочая часть имеет спиральную форму, что обеспечивает эффективное удаление стружки и охлаждение режущей кромки;

Конструкция позволяет сверлить отверстия большой глубины без переналадки инструмента. Используется в сочетании с системой охлаждения, которая подводит охлаждающую жидкость к режущей кромке и эффективно удаляет стружку. Спецификация в таблице В.1 приложения В.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование технологического оснащения, включая станочное приспособление и режущий инструмент. Станочное приспособление выбрано для лимитирующей токарной операции. Оно спроектировано с учетом условий обработки, технологических переходов и режимов резания.

Спроектирован инструмент, который позволяет обработать мелкоразмерные глубокие отверстия с подачей смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания через внутренние каналы сверла.

4 Экологичность и безопасность проекта

Структура раздела соответствует перечню этапов по анализу технологии на безопасность, указанному в методических указаниях [4].

Это следующие этапы:

«1. Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

2. Идентификация профессиональных рисков

3. Методы и средства снижения профессиональных рисков

4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта» [4].

Этап по описанию объекта.

Для корпусной детали из стали 40 процесс начинается с заготовительной операции – горячей штамповки на прессе. После этого проходит обработка на токарной операции. Она отличается концентрацией переходов и выполняется для этого на токарном центре KL 285 QUICK. Используется для установки комплект зажимного оснащения: патрон ГОСТ 24351-80 и люнет SMW-AUTOBLOK SLU3. Обработка связана с наружным обтачиванием резцами с механическим креплением пластин T15K6 ТУ 2-035-892-82, сверлением разноразмерных отверстий сборными сверлами 035-2302-0011 диаметром 38 мм T15K6 ОСТ 2И20-9-84. Проводится обработка канавок, нарезание наружной резьбы, растачивание канавок специализированными резцами 2140-0304 T15K6 ГОСТ 26612-85 и 2130-0382 P18 ГОСТ 18874-73, 035-2126-1179 T14K8 ОСТ 2И10-7-84, 035-2126-1181 T14K8 ОСТ 2И10-7-84, 2660-0005 T15K6 ГОСТ 18885-73 и К.01.4982.000-00 T15K6 ТУ 2-035-1040-86. Особенность технологии – обработка глубоких отверстий спроектированным инструментом - сверло 7 мм T15K. Для крепления используется специализированный адаптер для подачи СОЖ через внутренний канал. После термической операции идут кругло-шлифовальная на универсальном торцекруглошлифовальном станок с угловой врезной

подачей SASE-5-CNC фирмы Schleifmaschinenwerk GMBH, установкой в поводковом патроне с центром и обработкой шлифовальным кругом ГОСТ 2424-70 24A25CM18K с электронной системой слежения обрабатываемых параметров. На внутришлифовальной операции на универсальном внутришлифовальном станке SIU 5 R CNC фирмы BWF обработка идет шлифовальной головкой AW40x60 24A25-НСТ1К.

Этап по определению для данного процесса опасных и вредных факторов.

«Физические факторы:

- передвигающиеся заготовки;
- повышенная температура обрабатываемого материала;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи.

Психофизиологические факторы:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки (монотонность труда)

Химические факторы:

- общетоксический;
- действующий через дыхательные пути» [2].

Указанные факторы оказывают вредное влияние на организм человека.

Кроме непосредственного травматического воздействия могут другие последствия. «Вибрация ухудшает самочувствие работающего, зрительное восприятие, снижает качество внимания, вызывает утомление, головную боль и снижает продуктивность труда» [2]. К тем же последствиям приводит шум. Это все сказывается на сердечнососудистой системе: изменяется частота сердечных сокращений, повышается или понижается артериальное давление, повышается тонус и снижается кровонаполнение сосудов головного мозга. Постоянное нахождение в зоне повышенного шума приводит к развитию тугоухости.

Испарения различных технологических сред являются причиной раздражающего влияния на органы дыхания, а также неблагоприятно воздействуют на другие системы организма.

Этап по организации защитных мер.

Организационные меры по организации соответствующей службы управления охраной труда, работа с инструкциями по охране труда.

Для улучшения воздушных условий «на участке предлагается вентиляция естественная и механическая приточно-вытяжная. Зонально ее организуют на обще обменную и местную, непосредственно у оборудования» [2], на которых используется местная вытяжная вентиляция с помощью местных отсосов.

Для защиты электроустановок от коротких замыканий использовать автоматические выключатели и тепловые реле.

«Для снижения уровня вибрации необходимо покрывать вибрирующие поверхности и оборудование вибропоглощающими и демпфирующими материалами. В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации применяют обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы с вибропоглощающими упругими прокладками» [2].

Освещение организовать комбинированное естественное и искусственное. «Естественное освещение осуществляется через окна в боковых стенах (боковое) и через верхние световые проёмы (комбинированное освещение)» [2].

Обязательно использование средств индивидуальной защиты. Для защиты органов дыхания респираторы. Специальную одежду и обувь.

Средства защиты рук: рукавицы или перчатки. Средства защиты лица: защитные маски.

«По пожарной опасности участок по механической обработке корпуса относится к категории В – пожароопасные, так как на участке применяются смазочно-охлаждающая жидкость с температурой вспышки 158° С (>61° С) и

твердые вещества (химикаты, тара, ветошь и т.д.), способные гореть, но не взрываться при контакте с воздухом, водой и друг с другом» [4].

В механообрабатывающем цехе необходимы следующие средства пожаротушения:

– огнетушители — для быстрого тушения возгорания на ранней стадии. Требуется наличие универсальных огнетушителей типа «ОП», «ПП», «ПХД», «УГО» или «СОУ-2»;

– пожарные рукава — для подачи воды при пожаре. Рукава должны быть двух типов (для внутренних и наружных работ), и обязательно быть подсоединены к гидрантам;

– гидранты и водопроводная система — для подачи воды на пожарные рукава. В механическом цехе должны быть установлены гидранты на каждый этаж здания, а также обеспечено соединение с магистральной водопроводной системой;

– автоматические системы пожаротушения — для автоматического тушения пожара. Такие системы подразделяются на системы пенного и водяного тушения пожаров. Для цеха необходимо систему пенного пожаротушения.

Важно также иметь план организованной эвакуации, обученный персонал по эвакуации, план быстрого доступа пожарных.

Для обеспечения экологических требований необходима работа с отходами для всех сред. Твердые отходы в виде стружки с рабочих мест удаляются шнековыми устройствами и отправляются на переплавку. Остальные материалы утилизируются на полигонах. Сточные отходы проходят фильтрацию, отстаивание с химической обработкой. Воздушная пыль улавливается системой очистки в вентиляции сухими циклонами.

Выводы по разделу

Предусмотренные мероприятия по защите труда обеспечивают заданные условия обработки корпуса зажима.

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает замену инструмента. Он имеет большую износостойкость, поэтому может обеспечить снижение трудоемкости операции за счет увеличения режимов резания.

Результаты технических изменений после совершенствований операций, а именно замена инструмента:

- сокращение основного времени выполнения операций на 19,8 %;
- сокращение вспомогательного времени – на 4,5 %;
- увеличение стойкости применяемого инструмента в 1,2 раза.

Описанные результаты достаточно существенны для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 6 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.

Используя, описанную на рисунке 6, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (K_{BB}), которая составила 69614,56 руб. Данное значение

учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта.



Рисунок 6 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [7]

На рисунке 7 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

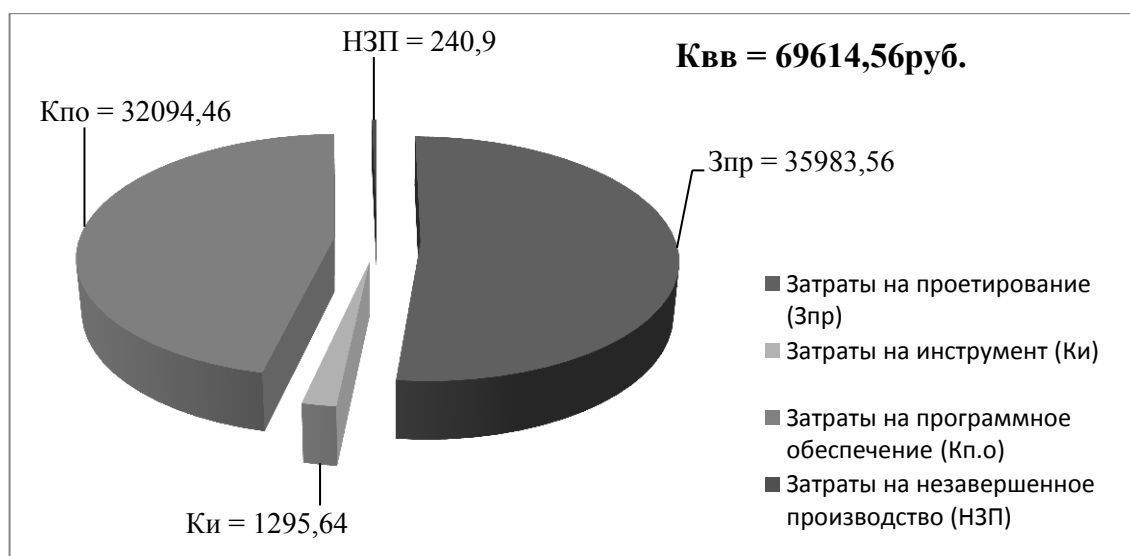


Рисунок 7 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Анализируя рисунок 7, можно сказать, что затраты на проектирование изменений являются самыми существенными, так как их доля составила 51,7 % в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 8.

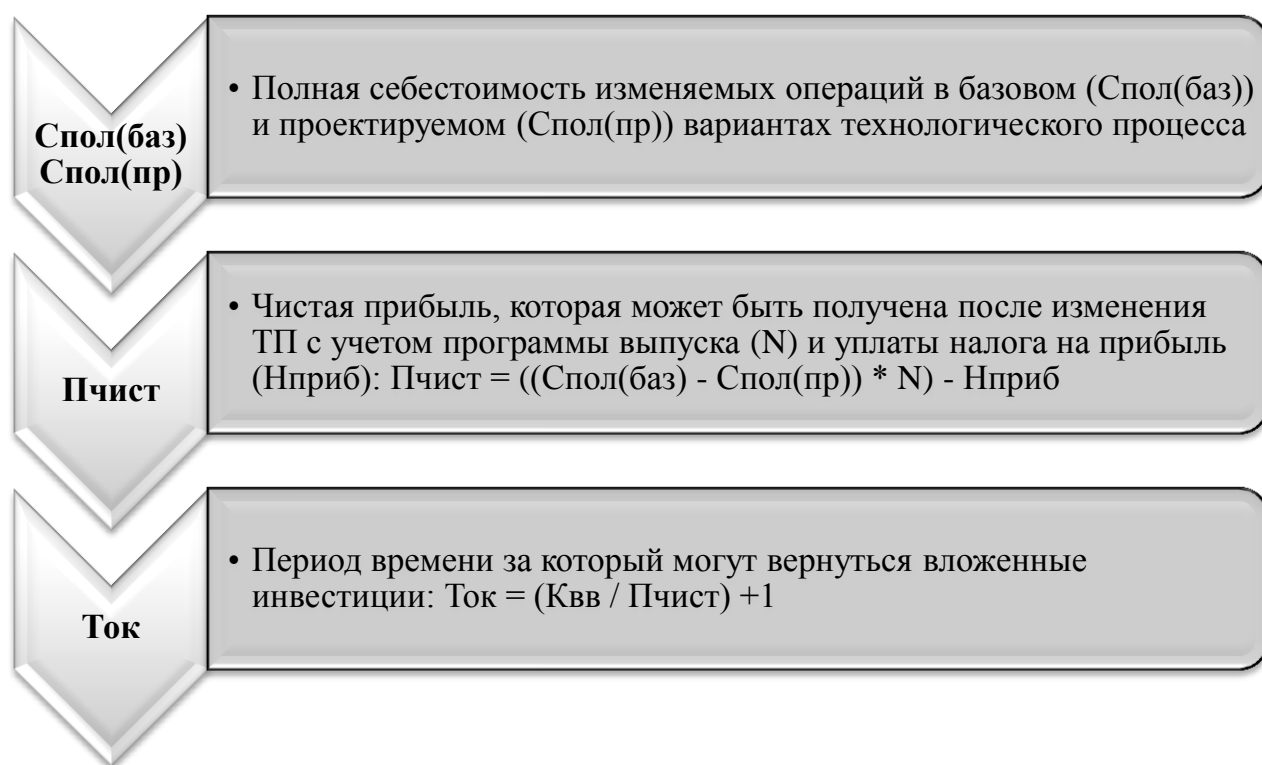


Рисунок 8 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 8, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, т. е. посмотреть на сколько снизится или увеличится

себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизится, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Результаты расчета полной себестоимости по вариантам технологического процесса представлены на рисунке 9.

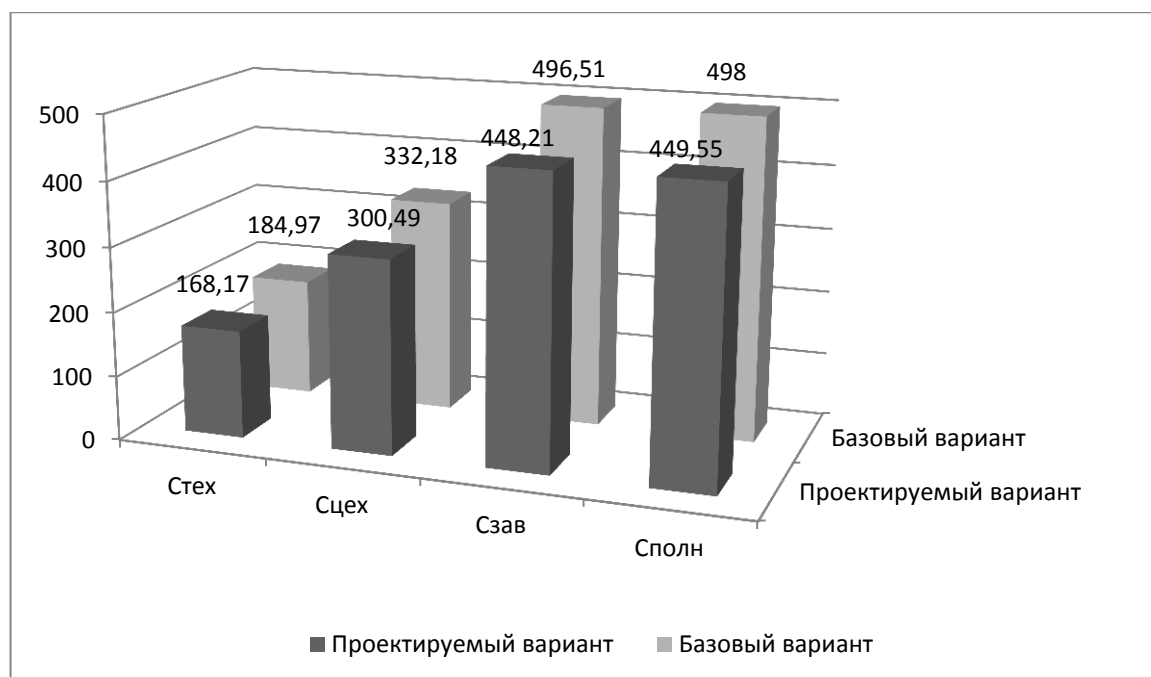


Рисунок 9 – Результаты расчета полной себестоимости по вариантам

Из рисунка 9 видно, что полная себестоимость в проектируемом варианте снижается, это изменение составляет около 9,7 %.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года. Другими словами срок

окупаемости не должен превышать этого значения.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($\mathcal{E}_{ИНТ}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 10 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

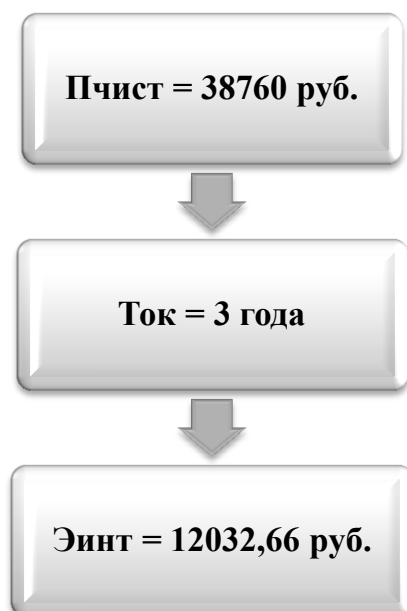


Рисунок 10 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{ЧИСТ}$), срока окупаемости ($T_{ОК}$) и экономического эффекта ($\mathcal{E}_{ИНТ}$)

Вывод по разделу

Как показано на рисунке 10, экономический эффект является положительной величиной, т. е. он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Заключение

В работе спроектирован технологический процесс изготовления корпуса гидравлического привода зажима в годовом объеме 1000 деталей в год.

Проектирование технологии начинается с анализа исходных данных, включая условия работы и назначение детали. Технологичность корпуса, которая относится к категории детали типа втулка, определена как низкая из-за наличия трудно обрабатываемых конструктивных элементов в виде глубоких отверстий, а также отверстий, расположенных радиально на цилиндрической поверхности. Для условий среднесерийного типа производства выбраны соответствующие методы получения исходной заготовки, а также технологические переходы и оборудование. Выбрана заготовка - штамповка на механическом прессе, которая обеспечивает заданную точность и обеспечивает минимальные припуски на обработку. Все размеры и припуски рассчитаны по формулам. Технологический маршрут соответствует технологическому процессу изготовления фланцевых втулок в условиях серийного производства и характеризуется использованием современных высокоскоростных станков. Выбранное оборудование обеспечивает изготовление детали на первом этапе работы, до термообработки, на одном рабочем месте за счет его многоинструментального оснащения.

Вывод по работе, в которой проведено проектирование технологии изготовления корпусной втулки гидравлического привода. В результате проведенного проектирования была разработана технология изготовления корпусной втулки из гидравлического привода. Она состоит из ряда этапов. Выбор для детали с заданным объемом выпуска типа производства. Подготовка и выбор заготовки. Технология была разработана с подробным описанием каждого этапа. На операциях использовалось современное

оборудование. Оно позволяет получать высококачественную продукцию с минимальными издержками и временными затратами.

Спроектированное приспособление обеспечивает надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Разработанная система сверления глубоких отверстий обеспечивает высокопроизводительное и точное изготовление с использованием преимуществ одно кромочных инструментов. Технология проанализирована на опасные и вредные производственные факторы.

Предусмотренные мероприятия по защите труда обеспечивают заданные условия обработки.

Сравнение работы предложенным инструментом и стандартным сверлом показывает преимущества разработанной технологии.

Соответствующие расчеты и анализы показали, что разработанная технология является экономически выгодной и имеет потенциал для применения в производстве для широкого спектра гидравлических приводов. Она позволяет сократить время и затраты на производство, улучшить качество готовой продукции и повысить эффективность производственного процесса в целом.

Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
2. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учебник / В. О. Евсеев [и др.] ; под ред. Е. И. Холостовой, О. Г. Прохоровой. - Москва : Дашков и К°, 2013. - 456 с. - ISBN 978-5-394-02026-1.(дата обращения: 18.05.2023)
3. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
4. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
5. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
6. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
7. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

8. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

9. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

10. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

11. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

12. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

13. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.:

с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

15. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

16. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

17. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

18. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.

19. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

20. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer, 2008. – 1576 p. – ISBN: 978-3-540-49131-6.

21. Liang C. Theoretical and experimental studies of chatter in turning and machining stainless steel workpiece / Chen Liang, Yu Shudong, Ma Yali, Li

Cancan, Jiayong Wei. // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 117. 1-22. 2021. - 10.1007/s00170-021-06643-0.

22. Muhammad B. Dynamic damping of machining vibration: a review / Muhammad Bashir, Wan Min, Feng Jia, Zhang Weihong // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 89. 2935-2952., 2017. – DOI: 10.1007/s00170-016-9862-z.

23. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015. – p.703

24. Pahl G. Design for Minimum Cost. In: Engineering Design/ Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. Springer: London. 2007. – p. 156

Приложение А

Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1														
Дубл.														
Бзам.														
Подл.														
													2	1
Разраб.	Рахматуллин													
Проверил	Рассторгуев													
Утвердил	Логинев													
Н. контр.	Рассторгуев													
М 01	Сталь 40 ГОСТ 1050-88													
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ		
М 02	02	кг	11,2	1	1	0,75	12	160x188			1	16		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции			Обозначение документа						
Б	Код. наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.	Тшт.
А03	000 Заготовительная													
Б04	Пресс													
А05	005 4167 Токарная													
Б06	Токарный центр КЛ 285 QUICK													
А07	010 5000 Термическая обработка													
Б08	печь													
А09	015 4145 Торцешлифовальная													
Б10	Круглошлифовальный станок SASE-5-CNC													
А11	020 4145 Торцешлифовальная													
Б12	Круглошлифовальный станок SASE-5-CNC													
А13	025 4132 Внутришлифовальная													
Б14	Внутришлифовальный станок SIU 5 R CNC													
А15	030 0125 Промылка													
Б16	035 0200 Контроль													
МК	Маршрутная карта													2

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3														
Двуэт.	Бзам.	Лобл.												
													5	1
Разраб.	Рахматуллин	Корпус												005
Проверил	Расторгуев													
Утвердил	Логинев													
Н. контр.	Расторгуев													КОИД
Наименование операции			Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры					МЗ		
Токарная с ЧПУ			Сталь 40 ГОСТ 1050-88	НВ 220	кг	11,2	160x188					16	1	
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы	То	Гв	Т пз.	Тшт.					СОЖ		
KL 285 QUICK				18,21	5,7	45	27,7							
P			ПИ	D или B	L	t	i	s	n	v				
T01	Люнет SMW-AUTOBLOK SLU3													
T02	7102-0065 Патрон ГОСТ 24351-80													
O03	1. Установить деталь													
O04	2. Точить заготовку													
T05	PDINR3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82													
P06			-	160	103	2	1	0,7	228	114				
O07	3. Сверлить заготовку													
T08	035-2302-0011 Сверло диаметр 36 мм T15K6 OCT 2И20-9-84													
P09			-	38	118	19	1	0,316	362	40				
O10	4. Зенкеровать отверстие													
T11	2320-2125 Зенкер диаметр 40 мм P6M5 ГОСТ 21584-76													
P12			-	40	196	1	1	0,6	482	115				
O13	5. Переустановить и закрепить заготовку													
OK	Операционная карта												4	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

		ГОСТ 3.1404-86 Форма										
Дюбл.	Взам.											
Площ.												
		2										
		005										
		Корпус										
Р		П	И	Д	или	В	L	t	i	s	n	v
О01	6. Точить заготовку											
Т02	PDINR3232P15 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82											
Р03		-	160	103	2	1	0,7	228	114			
О04	7. Точить заготовку начисто											
Т05	PDINR3232P15 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82											
Р06		-	160	103	0,25	1	0,25	1091	281			
О07	8. Расточить отверстие 41.5 мм											
Т08	035-2339-0021 Головка ОСТ 2И23-2-84											
Р09		-	41,5	190	0,75	1	0,3	1036	135			
О10	9. Расточить отверстие начерно											
Т11	035-2128-0544 Резец Т14К8 ОСТ 2И10-8-84											
Р12		-	49	20	0,2	1	0,2	1137	175			
О13	10. Расточить канавку											
Т14	К.01.4982.000-00 Резец Т15К6 ТУ 2-035-1040-86											
Р15		-	50	2	1	1	0,25	1529	240			
О16	11. Расточить отверстие начисто											
Т17	035-2128-0544 Резец Т14К8 ОСТ 2И10-8-84											
Р18		-	50	20	0,5	1	0,25	1036	135			
ОК	Операционная карта											5

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дюбл. Взам. Плоп.	Г	L	D или B	PI	t	i	s	n	V	ГОСТ 3.1404-86 Форма	
										Корпус	005
P											3
O01	12. Точить канавку под резьбу										
T02	035-2126-1808 Резец T14K8 ОСТ 2И10-7-84										
P03	-	2	2	1	0,25	1091	281				
O04	13. Точить канавку наружную										
T05	035-2126-1808 Резец T14K8 ОСТ 2И10-7-84										
P06	-	2	2	1	0,25	1091	281				
O07	14. Нарезать резьбу МТ2										
T08	2660-0001 Резец T15K6 ГОСТ 18885-73										
P09	-	72	12	1,5	5	1,5	96	24			
O10	15. Переустановить и закрепить заготовку										
O11	16. Точить заготовку начисто										
T12	PDINR3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82										
P13	-	160	103	0,25	1	0,25	1091	281			
O14	17. Сверлить заготовку 7 мм на 140 мм										
T15	Сверло диаметр 7 мм T17K6 MHS 0710L150B										
P16	-	7	140	3,5	1	0,071	337	7,4			
O17	18. Сверлить заготовку 7 мм на длину 70 мм										
T18	Сверло диаметр 7 мм T15K6 MHS MWS0070X8D8										
OK	Операционная карта										6

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дуол. Взам. Плоп.		ГОСТ 3.1404-86 Форма									
Корпус											
P	ПИ	D или B	L	t	i	s	n	v	005		
P01	-	72	12	1,5	5	1,5	96	24			
O02	25. Сверлить отверстия 16 мм на длину 22 мм										
T03	2301-1128 Сверло диаметр 22 мм Р6М5 ГОСТ 19547-74										
P04	-	22	25	11	1	0,352	235	11,8			
O05	26. Снять деталь										
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
OK	Операционная карта										8

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>							
A1				23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.000.СБ	Сборочный чертёж		
<i>Детали</i>							
	1			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.001.	Корпус	1	
	2			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00002.	Центровик	1	
	3			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.003.	Втулка	1	
	4			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.004.	Тяга	1	
	5			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.005.	Постоянный кулачок	3	
	6			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.006.	Кулачок фиксатор	3	
	7			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.007.	Крышка	1	
	8			23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.008.	Винт крышка	1	
<i>Стандартные изделия</i>							
	9				Винт 2 М6 х0,5-6г х 15,35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	3	
	10				Винт 2 М14 х 1,5-6г х 25,58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	6	
	11				Винт 2 М20 х 1,5-6г х116,58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	3	
	12				Шайба А.2.14.08Х18Н12Т.Тур9 ГОСТ 11371-78	6	
	13				Шпонка 2-22 х 20 х 22 ГОСТ 23360-78	6	
				23.ВКР.ОТМП.24.7.60.00.000.СП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Рахматиллин				Лит.	Лист	Листов
Проб.	Расторгуев				Д		1
Реценз.					ТГУ		
Н.контр.	Расторгуев				ИМ, гр. ТМб-1901а		
Утв.	Логинов				Формат А4		

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Не для коммерческого использования

Копировал

Приложение В

Спецификация инструмента

Таблица В.1 – Спецификация инструмента

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Ид. № подл. Подл. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подл. и дата Ид. № подл. Подл. и дата	Перв. примен.			Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Зона							
	Лист							
	A1	23.ВКР.ОТМП.24.7.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж					
			<u>Детали</u>					
	1	23.ВКР.ОТМП.24.7.65.00.001.	Режущая часть	1				
	2	23.ВКР.ОТМП.24.7.65.00.002.	Борштанга	1				
23.ВКР.ОТМП.24.7.65.00.000.СП								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Рахматуллин						
Проб.		Расторгуев						
Реценз.								
Н.контр.		Расторгуев						
Утв.		Логинев						
					Сверло однокромочное		Лит. Д Лист Листов 1 1	
					ИМ, гр. ТМБ-1901а		ТГУ	
Не для коммерческого использования					Копировал		Формат А4	