

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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления поршня пневматического привода
зажима

Обучающийся

С.В. Мурашкевич

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент И.В. Резникова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

В данной работе рассматривается технологический процесс изготовления поршня гидравлического привода. Описываются требования к материалу, геометрии и точности поршня, а также технология его производства, начиная с заготовительного производства. Для заданного объема выпуска деталей в количестве 3000 деталей в год и массе детали 12,8 кг был выбран среднесерийный тип производства. Особое внимание уделяется влиянию технологичности поршня на работу системы и ее надежность. Приводятся рекомендации по выбору технологических методов обработки поршня, учитывающие условия эксплуатации и требования к нагрузкам, заложенные в технических требованиях на чертеж.

Этапы проектирования технологического процесса включали в себя анализ требований к изделию, включая геометрические параметры, материал и функциональные характеристики; разработку конструкции детали и выбор оптимального материала для изготовления; определение последовательности операций и выбор оборудования для выполнения каждой операции; разработку технологической документации, включающей в себя маршрутные и операционные карты, спецификации, технические условия и инструкции по выполнению операций; определение контрольных точек и методов контроля качества на каждом этапе производства; оценку затрат на производство и определение цены изделия.

Спроектирован для токарной операции самоцентрирующий патрон. Для обработки главного отверстия на черновой стадии разработана конструкция сборного сверла.

Определены меры безопасности для опасных факторов. В экономическом разделе просчитана эффективность от замены многопереходной обработки отверстия на высокопроизводительную обработку универсальным инструментом – сборным сверлом.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ назначения детали	6
1.2 Классификация поверхностей	6
1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	8
1.4 Задачи работы	11
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Тип производства.....	12
2.2 Выбор метода получения заготовки	14
2.3 Проектирование заготовки	16
2.4 Выбор технологических баз	20
2.5 Разработка технологического маршрута.....	23
2.5 Выбор средств оснащения	26
2.7 Расчет режимов резания.....	28
2.8 Нормирование	33
3 Разработка специальной технологической оснастки	38
3.1 Проектирование приспособления	38
3.2 Проектирование инструмента	48
4 Экологичность и безопасность проекта.....	51
5 Экономическая эффективность работы	54
Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников.....	60
Приложение А Технологические карты	64
Приложение Б Спецификация приспособления	70
Приложение В Спецификация инструмента	72

Введение

Машиностроение является одной из ключевых отраслей экономики, которая влияет на развитие многих других сфер жизни общества. В современной экономике машиностроение играет важную роль в следующих аспектах.

Главное заключается в производстве и сбыте продукции. Машиностроение производит широкий спектр технических устройств, оборудования и машин, которые используются в различных отраслях промышленности, транспорте, сельском хозяйстве и других сферах. Благодаря машинам и оборудованию, производственные процессы становятся более эффективными и экономичными.

Машиностроение является двигателем прогресса за счет инноваций и технологического прогресса. Машиностроение является одной из наиболее инновационных отраслей экономики, которая постоянно развивается и совершенствуется. Новые технологии и инновационные разработки в области машиностроения позволяют создавать более совершенные и эффективные устройства и оборудование.

Машиностроение является одной из наиболее экспортно-ориентированных отраслей экономики. Продукция машиностроения экспортируется в различные страны мира, что способствует увеличению экспортной выручки и укреплению экономических связей с другими странами.

В социальном плане достоинство машиностроения - создание рабочих мест. Машиностроение является одной из крупнейших отраслей промышленности, которая занята миллионы людей по всему миру. Создание новых рабочих мест и поддержание стабильности в этой отрасли является важным фактором для развития экономики.

Таким образом, машиностроение является неотъемлемой частью современной экономики и играет важную роль в ее развитии и процветании.

В настоящее время производство является высокотехнологическим комплексом, где производятся различные воздействия на объект производства. Главной задачей технологических операций является обеспечение конструкторских требований, заданных на рабочей конструкторской документации. Это выполняется для серийного и массового производств с использованием метода обеспечения точности автоматически на настроенном оборудовании. Для этого необходимо точно определять положение заготовки, инструмента и рабочих органов станка.

Обеспечение точного положения заготовки невозможно без приложения усилий зажима. Это выполняется за счет использования различных приводов, включая ручной. Но последний вариант для надежного, точного и быстрого закрепления заготовок не подходит. Необходим механизированный привод. В основном используется пневматические и гидравлические устройства. Основано их действия на использовании движения штока поршня за счет давления рабочей среды.

Изготовление одной из главных деталей такого узла – поршня, является важнейшей задачей станкостроения.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения детали

Поршень гидравлического привода является важной деталью, которая обеспечивает эффективную работу зажимной системы. Он служит для передачи гидравлического давления от жидкости к механизму, который должен приводиться в движение и осуществлять фиксацию.

Поршень является рабочим элементом привода зажима станочного приспособления. Он является силовым элементом конструкции гидравлического привода. Размещается поршень на штоке. Фиксируется при помощи гайки.

Обеспечивает герметичность полости за счет сальникового уплотнения. Оно размещается в трапецеидальной канавке.

Для уменьшения массы поршень имеет на торцовых поверхностях круговые проточки.

Данная деталь испытывает значительные циклические и статические нагрузки. Работает в условиях смазки.

1.2 Классификация поверхностей

В качестве материала детали примем сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-7. Состав и свойства материала показаны в таблицах 1 и 2 [2].

Таблица 1 - Химический состав, % (ГОСТ 4543—71)

C	Si	Mn	S	Cr	P	Cu	Ni	As
0,42- 0,50	0,42- 0,50	0,17- 0,37	0,25	0,50- 0,80	0,04	0,035	0,25	0,08

Материал 30ХГСА относится к классу конструкционных сталей. Его основными свойствами являются высокая прочность, твердость и устойчивость к износу. Он также обладает хорошей свариваемостью и обрабатываемостью.

Таблица 2 - Механические свойства

Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
600	310	16

Состав материала может быть следующим [14]. Химический состав материала 30ХГСА включает углерод (0,27-0,34%), кремний (0,17-0,37%), марганец (0,50-0,80%), серу (не более 0,25%), фосфор (не более 0,035%), хром (0,80-1,10%) и никель (до 0,30%). Эти элементы придают материалу необходимые свойства для использования в различных отраслях, включая машиностроение, автомобильную и судостроительную промышленности.

Материал 30ХГСА может быть термически обработан для улучшения его свойств. Например, закалка и отпуск позволяют увеличить прочность и твердость материала. Также возможна нормализация для улучшения обработки и сварки.

В целом, материал 30ХГСА является надежным и прочным материалом, который широко используется в различных отраслях промышленности. Его свойства делают его идеальным для использования в конструкциях, которые подвергаются высоким нагрузкам и износу.

Поршень (рисунок 1) гидравлического устройства из материала 30ХГСА обладает высокой прочностью и устойчивостью к износу, что позволяет ему выдерживать высокие давления и частые циклы работы. Для изготовления поршня используется технология с высокоточными методами обработки, которая позволяет достичь высокой точности размеров и формы.

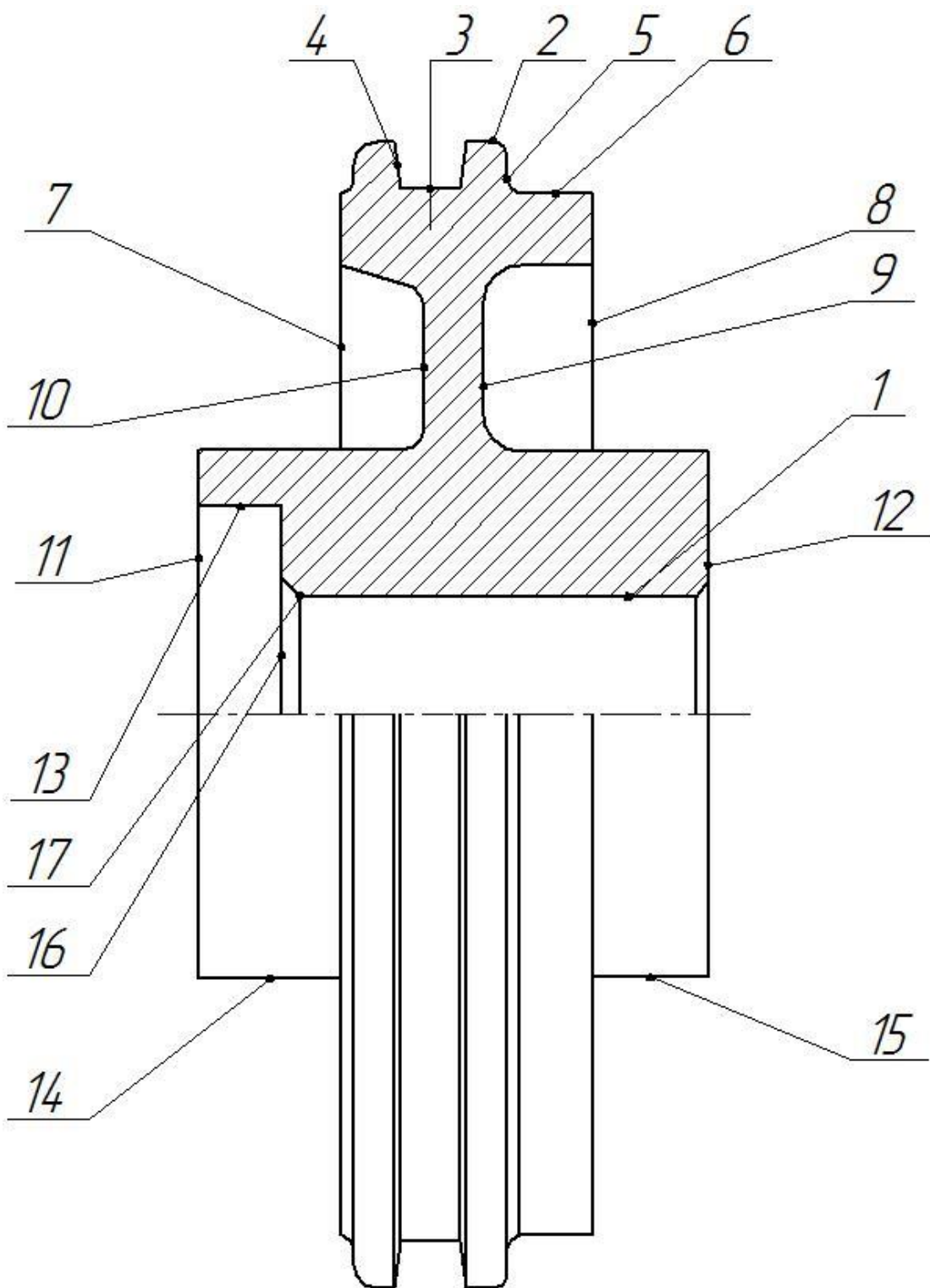


Рисунок 1 – Эскиз поверхностей поршня

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности для тел вращения включает в себя:

1. Определение требований к геометрии изделия и его размерам.
2. Выбор материала и определение его свойств, таких как твердость, прочность и устойчивость к износу.
3. Разработка конструкции изделия, учитывая возможности обработки на оборудовании для тел вращения.
4. Определение последовательности операций и выбор оборудования для выполнения каждой операции, учитывая возможности обработки тел вращения.
5. Оценка необходимости дополнительных операций, таких как шлифование или полирование, для достижения требуемой точности и качества поверхности поршня.
6. Определение методов контроля качества на каждом этапе производства, включая контроль размеров, формы и поверхностного качества.
7. Оценка затрат на производство и определение цены изделия, учитывая возможности обработки тел вращения.

Технологичность поршня из гидравлического привода заключается в особенностях его конструкции и условиях работы. Он изготовлен из материала, который обладает высокой прочностью и стойкостью к коррозии и износу. Кроме того, поршень имеет точную геометрию по сопрягаемым поверхностям (отверстие и наружный диаметр), чтобы обеспечить плотное соединение с другими деталями системы.

Для производства поршней из гидравлического привода используются различные заготовительные технологии, такие как литье под давлением, штамповка, методы обработки как точение, шлифование и другие. Однако, в отличие от поршней для двигателей сгорания, аддитивное производство не применяется в данном случае.

Технологичность поршня из гидравлического привода напрямую влияет на работу системы и ее надежность. Поэтому при выборе конструкции

поршня учитывали требования к нагрузкам, условиям эксплуатации и другие факторы, которые могут повлиять на его работу.

Точность поверхностей поршня достигает 7 качества точности с шероховатостью по параметру Ra 0,32 мкм.

Точным является требование к главному отверстию по отклонению от цилиндричности. Это связано с тем, что необходимо обеспечить в сопряжении поршень и шток гарантированный натяг с заданными параметрами.

На наружные поверхности указаны требования по отклонению от цилиндричности и соосности, что обеспечивает равномерный зазор по всему периметру поршня в цилиндре.

Протяженность обработки не высокая (длина детали 87 мм).

К нетехнологичным элементам можно отнести фасонную канавку под уплотнение. Для нее нужен или фасонный инструмент или обработка по программе.

Поверхности торцовых канавок имеют сложный профиль, что также требует обработки по программе.

Получить элементы в соответствии с конструкторскими требованиями для заготовительного этапа нельзя.

Получить главное отверстие можно на заготовке полностью или частично.

Заготовку можно базировать и по наружной и по внутренней поверхностям.

Поршень можно перемещать на автоматизированном производстве.

Жесткость детали высокая из-за толщины стенки. Заготовку можно получать и из проката и из штамповки. Для проката коэффициент использования материала будет очень маленький и требуется очень большое удаление напусков. Для штамповки можно получить черновые канавки на торце и отверстие.

Базирования заготовки возможно как снаружи, так и по отверстию. Деталь поршень соответствует типовой детали типа диск и может быть обработана по соответствующей технологии.

В целом деталь можно отнести к не технологичным.

1.4 Задачи работы

Цель - обеспечить выпуск поршня в объеме 3000 деталей в год в соответствии с рабочим чертежом.

Задачи:

1. Определить серийность и характеристики производства.
2. Выбрать исходную заготовку.
3. Спроектировать исходную заготовку. Назначить переходы.
4. Разработать маршрут.
5. Разработать приспособление для базирования поршня и режущий инструмент – сверло.
6. Предусмотреть меры по защите труда.
7. Обеспечить экономический эффект от совершенствования технологии изготовления поршня.

Выводы по разделу

В первом разделе на основе анализа условий работы сформированы технические требования к конструкции детали. С учетом технических требований и назначенных параметров к детали выполнен анализ технологичности. Сформулированы задачи для достижения указанной цели работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Тип производства

Внедрение новой технологии или изменений в производственном процессе может привести к улучшению экономических показателей компании. Однако, для оценки экономической эффективности необходимо учитывать не только затраты на внедрение новых технологий, но и потенциальные выгоды, которые они могут принести.

Среди основных преимуществ внедрения новых технологий можно выделить:

1. Увеличение производительности и сокращение времени производственного цикла.
2. Снижение затрат на производство и издержек.
3. Улучшение качества продукции и повышение конкурентоспособности на рынке.
4. Расширение ассортимента продукции и возможность увеличения объемов производства.
5. Снижение рисков и улучшение безопасности труда на производстве.

Однако, для оценки экономической эффективности необходимо учитывать не только потенциальные преимущества, но и затраты на внедрение новых технологий. К таким затратам можно отнести:

1. Затраты на приобретение нового оборудования и технологий.
2. Затраты на обучение сотрудников и переоборудование производственных линий.
3. Затраты на проведение исследований и разработку новых технологий.
4. Затраты на поддержание и обслуживание нового оборудования.
5. Риски, связанные с внедрением новых технологий, например, возможность непредвиденных проблем или несоответствия ожиданиям.

В целом, экономическая эффективность технологических изменений зависит от многих факторов, таких как размер компании, отрасль, конкурентоспособность продукции и многое другое. Поэтому, для оценки экономической эффективности необходимо провести тщательный анализ затрат и потенциальных выгод от внедрения разработанной технологии.

Технологическая подготовка производства - это процесс разработки и внедрения технологии производства продукции. В данном случае из всего перечня работ выполняется только разработка технологии производства. На этом этапе разрабатывается технология производства продукта, определяются необходимые оборудование, материалы и ресурсы.

Технологическая подготовка производства является важным этапом в производственном процессе, который позволяет улучшить качество продукции, повысить производительность и снизить затраты на производство.

Правильное проектирование технологии производства является критически важным для любой компании, которая стремится к успеху на рынке. Неправильно разработанная технология может привести к низкому качеству продукции, недостаточной производительности, высоким затратам и другим проблемам, которые могут негативно сказаться на бизнесе компании.

Современный рынок требует от компаний быстрого реагирования на изменения спроса и конкуренции. Правильно разработанная технология позволяет компании быстро адаптироваться к изменяющимся условиям рынка, улучшить качество продукции, повысить производительность и снизить затраты на производство.

Изменения в базовой технологии проведем ограниченные путем замены инструмента. Основное оборудование – с танки с ЧПУ.

С учетом заданной годового объема выпуска деталей 3000 деталей и определенной по чертежу массой поршня 12,8 кг выбираем среднесерийный тип производства [14].

2.2 Выбор метода получения заготовки

Методика выбора заготовки на основе сравнения цены по двум вариантам [15]. Для этого необходимо определить примерную массу заготовок. Сравним прокат и штамповку.

Масса заготовки поршня в виде проката

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

где d – диаметр прутка, м;

l – длина прутка, мм;

ρ – плотность, кг/мм³.

На диаметр добавим 5 мм припуска на обработку. По длине добавляем 2,5 мм на сторону

$$M = \frac{\pi 0,215^2}{4} 0,092 \cdot 7850 = 24,4 \text{ кг.}$$

«Себестоимость изготовления C_T поршня с учетом снятия напусков

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

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

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

m – масса поршня, кг;

$C_{\text{отх.}}$ – цена лома, руб/кг» [5].

«Затраты на обработку

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

где C_c – текущие затраты, руб/кг;

E_n – коэффициент эффективности капитальных вложений;

C_k – капитальные затраты, руб/кг» [5].

Для станкостроения

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

Для отходов $C_{\text{отх}} = 1,4 \text{ руб/кг.}$ «Стоимость проката

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

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

$h_{\text{ф}}$ – коэффициент длины ($h_{\text{ф}} = 1,1$)» [5].

Пруток

$$C_{\text{заг}} = 20,74 \cdot 1,1 = 22,8 \text{ руб./кг.}$$

Сумма

$$C_{\text{т.пр.}} = 24,4 \cdot 22,8 + 14 \cdot (24,4 - 12,8) - 1,4 \cdot (24,4 - 12,8) = 702,5 \text{ руб.}$$

«Стоимость 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» [5].

Стоимость штамповки

$$C_{\text{шт}} = 43,16 \cdot 1 \cdot 1,27 \cdot 0,88 \cdot 0,8 \cdot 1 = 38,6 \text{ руб.}$$

Общая стоимость

$$C_{\text{т.шт.}} = 16,6 \cdot 38,6 + 14 \cdot (17,1 - 12,8) - 1,4 \cdot (17,1 - 12,8) = 694,9 \text{ руб.}$$

Выбираем более выгодную штамповку.

2.3 Проектирование заготовки

Для расчета припусков на обработку отверстия поршня привода необходимо учитывать следующие факторы:

1. Точность требуемой посадки поршня на вал привода (посадка с натягом) .
2. Точность изготовления вала привода (6 квалитет).
3. Размеры и форма отверстия поршня (квалитет 7).
4. Технология обработки отверстия поршня (отверстие получено не полностью в штамповке).
5. Материал поршня и вала привода (30ХГСА).
8. Необходимость учета технологических припусков на обработку отверстия поршня (с следующих подразделах).

Для расчета припусков на обработку отверстия поршня привода необходимо провести анализ всех указанных факторов и определить минимальные допустимые припуски, которые обеспечат требуемую точность посадки поршня на вал привода. Расчет можно выполнить с использованием специализированных программных средств или методов аналитического расчета по методике [16].

Расчет аналитическим способом припусков выполним для отверстия 40.мм по 7 квалитету точности.

Величина коробления $\rho_{кор}$ рассчитывается через характерный размер заготовки, к которому относится его длина (90 мм).

Величина смещения $\rho_{см}$ берется с чертежа заготовки (смещение штампов – 0,8 мм). «Сумма

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

где $\rho_{кор}$ - коробление, мкм;

$\rho_{см}$ – отклонение от соосности, мкм» [6].

«Для коробления заготовки с размером l

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

где Δ_k – удельное коробление для штамповки точности Т4, мкм/мм;
 l - характерный размер, мкм» [7].

Для поршня

$$\rho_{\text{кор}} = 2,5 \cdot 90 = 225 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{0,225^2 + 0,8^2} = 0,83 \text{ мм.}$$

Для переходов

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

где k_i – коэффициент уточнения.

Для обработки приняли переходы: после штамповки сверление, растачивание чистовое, шлифование чистовое. Все занесем в таблицу 3.

Таблица 3 - Элементы припуска, мкм

Переход	Шероховатость	Глубина дефектного слоя	Отклонения	Погрешность установки
Заготовка	250	150	830	-
Сверление	50	50	50	70
Растачивание чистовое	50	50	40	20
Шлифование чистовое	15	5	30	8

Результаты расчета припуска даны в таблице 4.

Схема размеров с допусками и припусками показана на рисунке 2.

Для проектирования заготовки необходимо назначить припуски на все поверхности, которые обрабатываются механическим способом [9]. Кроме поверхности, на которую рассчитан припуск по формулам, на все остальные принимает припуск табличным по соответствующим стандартам. Выбор значения припуска определяется способом штамповки, материалом, сложностью и ее массой.

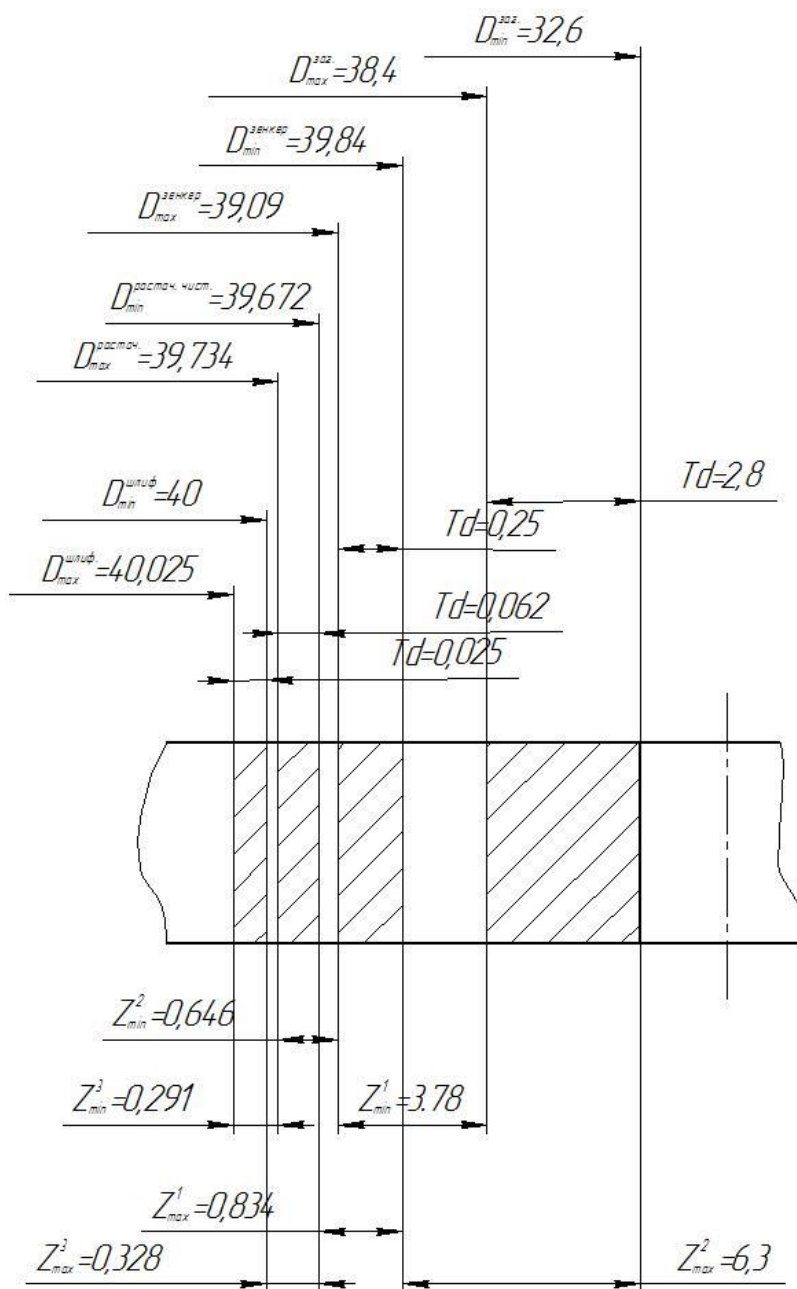


Рисунок 2 - Схема припусков

Таблица 4 - Расчет размеров

Переход	Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
		d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	2,8	32,58	38,4	-	-
Сверление	0,25	38,838	39,088	3,78	6,258
Растачивание чистовое	0,062	39,672	39,734	0,646	0,834
Шлифование чистовое	0,025	40	40,025	0,291	0,328

Выбранные припуски даются в таблице 5, где сразу пересчитаны размеры заготовки.

Таблица 5 - Назначение припусков

Размер детали, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	Размер заготовки, мм
Диаметры 200	4,0	2,7	205,7
90	3,2	1,9	93,8
88	3,2	1,9	91,8
Длины 87	3,2	2,5	45,8
42	2,8	1,9	92

Изготовление поршня начинается с подготовки заготовки из материала 30ХГСА, которая затем проходит через ряд технологических операций, включая токарную обработку, термообработку и шлифование. Для достижения высокой точности размеров и формы поршня используются универсальные инструменты и оборудование.

После черновой обработки поршень проходит термическую обработку, включающую закалку и отпуск, для улучшения его механических свойств. Закалка позволяет увеличить прочность и твердость поршня, а отпуск – снизить его хрупкость.

После термической обработки поршень проходит контроль качества, включающий проверку размеров, формы и механических свойств. Только

после прохождения контроля качества поршень готов к установке в гидравлическое устройство.

Определение требований к штамповочному оборудованию и выбор подходящих переходов по штамповке определяется конструкцией штамповочного прессы. Влияет также выбор параметров штамповки, включая размеры матриц и пуансонов, силы и скорости движения пресс-форм. Для запуска в производство необходимо изготовление прототипов штампованных поршней для проверки соответствия требованиям заказчика и определения возможных улучшений технологии. От этого зависит определение стоимости производства штамповок и установление цены для заказчика. Разработка документации на производство штамповок поршней, включая технические условия, чертежи и спецификации материалов и оборудования, ограничивается чертежом заготовки.

Поршень имеет на заготовительном этапе следующие параметры. «Класс точности заготовки – Т4 (для штамповки на ГКШП, открытая штамповка).

Степень сложности по коэффициенту по соотношению массы детали и проката 0,52 равен С2.

Группа стали – М3. Исходный индекс – 15. Смещение штампа –0,8 мм. Радиус закруглений 2 мм. Остаточный облой – 0,9 мм. Не концентричность отверстий – 0,8 мм» [2].

Спроектированная заготовка представлена на листе графической части.

2.4 Выбор технологических баз

При выборе маршрута обработки поршня по переходам необходимо учитывать следующие факторы:

1. Точность и качество обработки, необходимые для достижения требуемой точности посадки поршня на вал.

2. Сложность геометрии поршня и отверстия, которые могут потребовать использования различных инструментов и технологий (канавка).

3. Материал поршня, который может требовать использования специальных инструментов и технологий.

4. Наличие возможности использования автоматизированных систем обработки, которые могут повысить производительность и точность обработки.

5. Доступность и стоимость необходимых инструментов и оборудования для обработки поршня по выбранному маршруту.

6. Возможность проведения дополнительных операций обработки, таких как шлифование для достижения требуемой точности посадки.

7. Возможность учета технологических припусков на обработку поршня при выборе маршрута его обработки.

При выборе маршрута обработки поршня по переходам необходимо провести анализ всех указанных факторов и выбрать оптимальный маршрут, который обеспечит требуемую точность и качество обработки поршня, указанные на чертеже.

Для обработки с минимальной погрешностью и минимальным количеством технологических переходов необходимо выполнить два основных принципа базирования заготовок. На каждой операции необходимо использовать для простановки размеров технологические базы. При выполнении технологических операций на них необходимо использовать одни и те же технологические базы без их смены.

Ситуация облегчается тем, что заготовки имеют простую форму. На рисунке 3 представлена типовая схема базирования на операциях.

Базирование поршня при его обработке является важным этапом, который позволяет обеспечить правильное положение поршня во время обработки и достичь требуемой точности. Для базирования поршня необходимо выполнить ряд действий.

Очистить поверхность стола, кулачков патрона или плиты от загрязнений, стружки после предыдущей обработки.

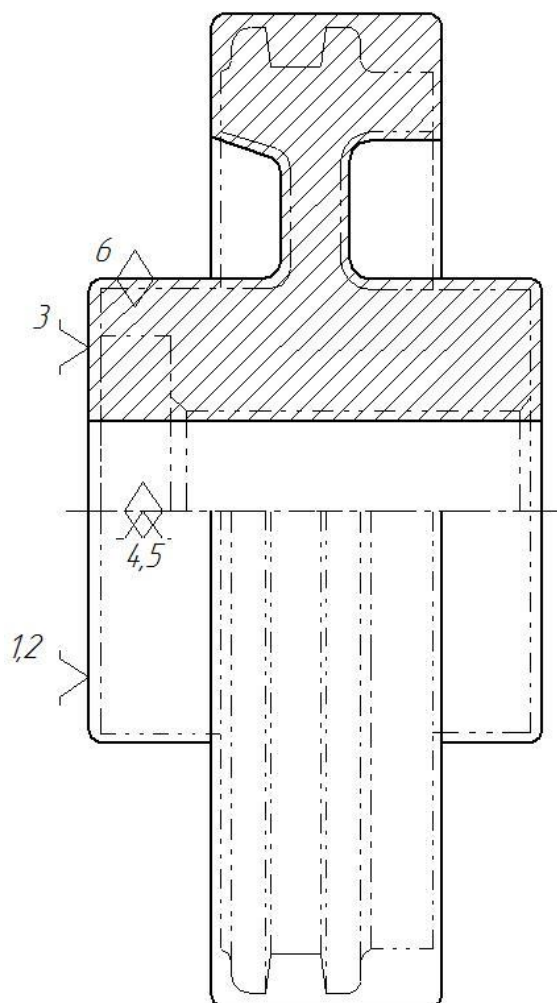


Рисунок 3 - Теоретическая схема базирования

Установить поршень в кулачки, обеспечив правильное положение и фиксацию. После этого проверить правильность базирования поршня с помощью измерительных инструментов, таких как штангенциркуль или микрометр.

Начать обработку поршня с использованием выбранного маршрута обработки.

Важно учитывать, что базирование поршня должно быть выполнено с высокой точностью, чтобы избежать дополнительных ошибок при его

обработке. Рекомендуется использовать токарный центр, который обеспечит максимальную концентрацию переходов, определенность базирования поршня и инструменты, которые обеспечат высокую точность и надежность фиксации [19].

2.5 Разработка технологического маршрута

В целом, поршень гидравлического устройства из материала 30ХГСА является технологичным и надежным изделием, обладающим высокой точностью размеров и формы, а также высокими механическими свойствами. Он идеально подходит для использования в гидравлических устройствах средних размеров и точности, которые работают в условиях высоких нагрузок и износа.

Проектирование технологии подразумевает решение технологических задач. Определение оптимальной технологии обработки заготовки (таблица 6) из материала 30ХГСА, включая выбор инструментов и оборудования (таблица 7).

Таблица 6 - Выбор маршрутов обработки поверхностей

Вид	IT	Ra	Маршрут (параметр Ra, мкм)
Плоские свободные	14	12,5	T(12,5)-ТО
Отверстие, вспомогательная база	14	1,25	P(12,5)-Pч(1,25)-ТО
Цилиндрические, свободные	12	12,5	T(12,5)-ТО
Отверстие, основная база	7	0,63	C(12,5)-Pч(2,5)-ТО-Шв(0,63)
Плоские, основная база	14	1,25	T(12,5) - Tч(3,2)-ТО-Ш(1,25)
Фасонная (канавка)	14	2,5	T(12,5) - Tч(3,2)-ТО
Примечание: Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Р – растачивание черновое; ТО- термообработка; Шв – шлифование внутреннее; Ш – шлифование плоское; Рч – растачивание чистовое; С - сверление			

Таблица 7 -Технологический маршрут

Операция	Оборудование	Переходы
000 Заготовительная	Пресс ГКШП	Штамповка
005 Токарная	Токарный центр Mazak IVC 200	Установ А. Точить начерно поверхности по контуру торцы 12, 5 и 8, цилиндрические поверхности 4, 6, 15. Установ Б. Сверлить отверстие 1. Точить начерно поверхности по контуру торцы 11, 7 и 10, цилиндрические поверхности 14. Расточить начерно отверстие 13, 16.
005 Токарная	Токарный центр Mazak IVC 200	Расточить начисто отверстие 13, 16. Точить фаску. Точить начисто поверхности по контуру торцы 11, 7 и 10, цилиндрическую поверхность 14. Установ В. Точить начисто поверхности по контуру торцы 12, 5 и 8, цилиндрические поверхности 4, 6, 15. Точить канавку начерно 3, 4. Точить канавку начисто 3, 4.
010 Термообработка	Печь индукционная	Закалка
015 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный	Переход 1. Шлифование отверстия 1. Переход 2 Шлифование торца 12
020 Моечная	Камерная моечная машина	Очистка поверхности
025 Контрольная	Стол контрольный	Комплексный контроль

Разработка программ обработки на токарных и фрезерных станках, учитывающих требования к точности размеров и форме поршня. Определение режимов термической обработки для достижения требуемых механических свойств. Разработка методов контроля качества, включая проверку размеров, формы и механических свойств [3]. Определение стоимости производства и разработка плана оптимизации производственных затрат. Определение с учетом необходимого количества поршней для

производства сроков выполнения заказа. Разработка упаковки для транспортировки поршней, учитывая требования безопасности и минимизации повреждений в процессе доставки. Организация производственного процесса, включая закупку материалов, обеспечение необходимых ресурсов и контроль качества на каждом этапе производства. Проведение тестирования готовых поршней на соответствие требованиям заказчика и стандартам качества.

Расчет необходимых размеров и параметров поршней на основе требований заказчика и характеристик втулки. Изготовление прототипов поршней для проверки соответствия требованиям заказчика и определения возможных улучшений по выбранному маршруту (таблица 6). Определение стоимости производства поршней и установление цены для заказчика. Разработка документации на производство поршней, включая технические условия, чертежи и спецификации материалов и оборудования. Выбранные переходы для поверхностей включаем в операции [13].

Общий вид станка на рисунке 4, рабочая зона на рисунке 5.



Рисунок 4 – Станок Mazak IVC 200



Рисунок 5 – Рабочая зона

План обработки детали представлен на листе.

2.5 Выбор средств оснащения

Все составляющие оснастки технологического процесса представлены в таблице 8 и 9. Приспособления взяты из [17], инструмент из [15], контрольные средства из [18].

Таблица 8 - Средства оснащения

Операция	Станок	Приспособление
1	2	3
000 Заготовительная	Пресс К8542	Пресс-форма

005Токарная	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр	Патрон 7102-0082 ГОСТ 24351-80
-------------	--	--------------------------------

Продолжение таблицы 8

1	2	3
-	Mazak IVC 200	-
015 Термическая	Печь	-
020 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3K229B	Патрон мембранный ГОСТ 2571-71
045 Моечная	Моечная камера	-
050 Контрольная	Стол	-

Таблица 9 - Средства оснащения

Операция	Инструмент	Измерительное средство
000 Заготовительная	-	-
0005Токарная	Coro Plex TT C4-T- DDL12RDDL15R105 T15K6; 2300-9775 Сверло диаметр 36 P6M5 ГОСТ 4010-77; 2141-0030 Резец расточной BK4 ГОСТ 18883-73; 2112-0007 Резец канавочный T15K6 ГОСТ 18880-73	Штангенциркуль ШЦК-I-250- 0,02 ГОСТ 166-89
015 Термическая	-	Приспособление индикаторное для контроля биения
020 Внутришлифовальная	Круг 5 32x32x10-16,13 24A F60 N 7 V 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-2008	Приспособление индикаторное для контроля биения
045 Моечная	-	-
050 Контрольная	-	Приспособление индикаторное для контроля биения;

Станки с ЧПУ (числовым программным управлением) являются наиболее эффективными в производстве деталей тел вращения [11]. Они позволяют автоматизировать процесс изготовления деталей, что уменьшает количество ошибок и повышает точность и качество изготавливаемых деталей. Кроме того, станки с ЧПУ способны работать непрерывно без участия оператора, что позволяет сократить время производства и повысить

его эффективность. Однако, необходимо помнить о безопасности при работе с таким оборудованием и соблюдать все необходимые меры предосторожности.

Оснастка - это оборудование, которое используется для фиксации деталей на станке с ЧПУ во время их обработки. Она должна быть разработана таким образом, чтобы обеспечивать максимальную точность и повторяемость процесса изготовления деталей.

2.7 Расчет режимов резания

Полученные данные могут быть пересмотрены из-за изменений конструкций инструмента [16].

Для обеспечения необходимой точности и шероховатости, указанных для технологических переходов, необходимо рассчитать режимы резания [15].

Первым параметром при расчете режимов резания является глубина резания t . Для высокоточной поверхности глубина резания t определяется на основе аналитического способа расчета припусков и операционных размеров, выполненных в разделе 2.3. Для обеспечения точности на остальные поверхности припуски принимаются в соответствии с рекомендациями [10].

Базовым параметром расчета является основной припуск, выбранный для заготовки. После выбора глубины резания необходимо выбрать подачи S мм/об [19]. В зависимости от характера обработки, параметрами, влияющими на выбор подачи, будут размер инструмента для черновых переходов. Для чистовых переходов этим параметром будет состояние обрабатываемой поверхности, и геометрия режущей части.

Глубина резания при точении для первого перехода – 2,5 мм; для второго – 0,38 мм. Соответствующие подачи: 0,856 и 0,476 мм/об.

Для точения расчет скорости будет проходить по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (9)$$

где C_v, m, x, y, q, u, p - параметры для условий обработки, отличающихся от базовых;

T – принятый период стойкости, мин;

t, S – выбранные глубина резания и подача, мм;

K_v - коэффициент.

Поправочный коэффициент из уравнения [1]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (10)$$

где K_{mv} - учитывает прочностные свойства материала;

K_{pv} – коэффициент обрабатываемой поверхности;

K_{iv} – учитывает материала режущей части.

Для материала 30ХГСА

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (11)$$

где n_v - показатель для метода обработки.

Для материала заготовки

$$K_{mv} = 0,85 \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,59.$$

С учетом остальных коэффициентов для черновой обработки

$$K_v = 0,59 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,53.$$

Для чистовой обработки

$$K_v = 0,59 \cdot 1 \cdot 1 = 0,59.$$

Тогда скорость при черновом и чистовом точении

$$V = \frac{350}{35^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,856^{0,35}} \cdot 0,53 = 111,2 \text{ м/мин.}$$

$$V = \frac{420}{35^{0,2} \cdot 0,38^{0,15} \cdot 0,476^{0,2}} \cdot 0,59 = 177,2 \text{ м/мин.}$$

Результат подстановки

$$n = \frac{1000 \cdot 111,2}{3,14 \cdot 200} = 177 \text{ мин}^{-1};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 177,2}{3,14 \cdot 200} = 282 \text{ мин}^{-1}.$$

Результат вычислений по подаче

$$S_m = 0,856 \cdot 177 = 152 \text{ мм/мин.}$$

$$S_m = 0,476 \cdot 282 = 134 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания считается по формуле для первого прохода

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (12)$$

где C_p – коэффициент условий обработки;

x, y, n, u, q, ω – показатели условий обработки;

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

Коэффициент

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (13)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – учитывают влияние геометрии режущей части (главного угла в плане, переднего, угла наклона, радиуса). Все остальные параметры аналогичные уравнению (16).

После подстановки показателя для точения

$$K_{mp} = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,35} = 1,14.$$

$$K_p = 1,14 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,94.$$

Для перехода с наибольшими значениями припуска и подачи

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,856^{0,75} \cdot 111,2^{-0,15} \cdot 0,94 = 3095 \text{ Н.}$$

Сверление, растачивание и точение канавки находятся по тем же методикам.

Для канавок методика та же. Глубина резания по заглаблению канавки с чертежа 10 мм. Подача при черновой прорезке 0,623 мм/об, при чистовом точении 0,23 мм/об.

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

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_{vl} \cdot K_v, \quad (14)$$

где D – диаметр инструмента 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.

Поправочный коэффициент:

$$K_{mv} = 0,95 \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,66.$$

С учетом остальных коэффициентов

$$K_v = 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 0,66.$$

Тогда скорость зенкерования

$$V = \frac{18 \cdot 36^{0,3}}{35^{0,2} \cdot 0,9^{0,5}} \cdot 0,66 = 63,3 \text{ мм/мин.}$$

Результат подстановки

$$n = \frac{1000 \cdot 63,3}{3,14 \cdot 36} = 540 \text{ мин}^{-1}.$$

Результат вычислений

$$S_m = 0,9 \cdot 89 = 81 \text{ мм/мин.}$$

Для силовой проверки зенкерования используется расчет крутящего момента

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (15)$$

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.

Осевая сила

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (16)$$

где C_p – коэффициент условий обработки по подаче;

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

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

После подстановки показателя

$$K_{mp} = \left(\frac{1080}{750}\right)^{0,85} = 1,36.$$

Для перехода

$$M = 10 \cdot 0,09 \cdot 36^1 \cdot 0,9^{0,8} \cdot 1,36 = 92,3 \text{ Нм.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 36^1 \cdot 0,9^{0,65} \cdot 1,36 = 2515 \text{ Н.}$$

Аналитический расчет проведен на основные лимитирующие переходы. На остальные переходы режимы резания выбираются таблично или по системам автоматизированного проектирования с использованием калькуляторов режимов резания.

Сводные результаты расчета представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Режимы резания

Установ	Переход	Глубина, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Обороты, об/мин
1	2	3	4	5	6
А	Точение черновое	2,5	0,856	111,2	177
	Сверление	18	0,45	63,3	540

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6
Б	Растачивание диаметра 39 мм черновое	0,38	0,489	88,9	410
Б	Точение черновое	2,5	0,856	111,2	177
В	Точение чистовое	0,38	0,476	177,2	282
	Точение канавки черновое	0,2	0,623	99,9	159
	Точение канавки черновое	0,5	0,23	197,9	315
Г	Растачивание диаметров 69 мм черновое	3	0,465	88,9	400
	Растачивание диаметров 70 мм чистовое	0,5	0,485	172	802
	Точение чистовое	0,38	0,476	177,2	282

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 А.2 в приложении А.

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: подготовительно-заключительное $T_{п-з}$ и штучное $T_{шт}$.

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}. \quad (17)$$

где n – партия запуска (236 детали).

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:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}. \quad (18)$$

«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 (рисунок 6), количеством технологических переходов, количеством однотипных рабочих ходов, а также режимом обработки: подачей и частотой вращения.

«Время обработки:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{мин}}, \quad (19)$$

где l_1 – расстояние быстрого подвода, мм;

l_p – поверхность резания, мм;

l_2 – расстояние перебега, мм;

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин» [12].

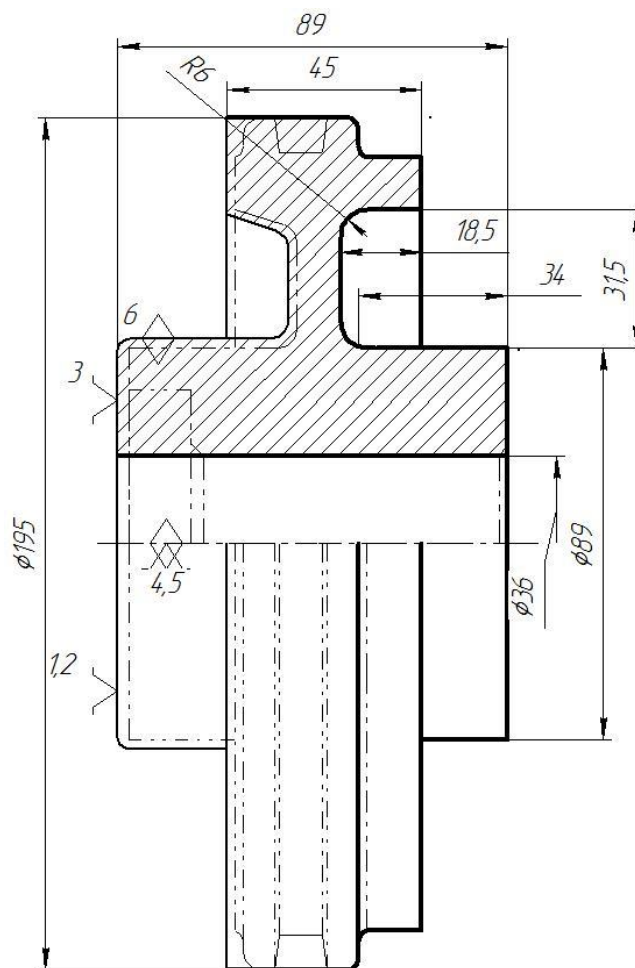


Рисунок 6 – Схема обработки поршня (длина поверхностей)

Для переходов, где перемещение сложное или работает много инструментов

$$T_o = \frac{(45+110+32) \cdot 1}{0,856 \cdot 177} = 1,47 \text{ мин.}$$

С другой стороны учитываем уменьшенную длину хода

$$T_o = \frac{(110+32) \cdot 1}{0,856 \cdot 177} = 1,18 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитаем для остальных переходов (таблица 10).

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

$$T_B = (T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{уп} + T_{из}) \cdot K_{cp}, \quad (20)$$

«где $T_{y.c.}$ - время базирования и снятие поршня;

$T_{z.o.}$ - время фиксации и раскрепления поршня;

$T_{уп}$ - время управления, мин;

$T_{из}$ - время операционных измерений, мин;

K_{cp} - коэффициент серийного производства, принимаем 1,85» [21].

Таблица 10 – Машинное время

Установ	Переход	Длина хода, мм	Время, мин
А	Точение черновое	225	1,47
	Сверление диаметр 36 мм	96	0,6
	Растачивание диаметра 39 мм черновое	96	0,3
Б	Точение черновое	180	1,18
	Растачивание диаметров 69 мм черновое	60	0,3
	Растачивание диаметров 70 мм чистовое	18	0,3
	Точение чистовое	180	1,68
В	Точение чистовое	225	1,34
	Точение канавки черновое	10	0,1
	Точение канавки черновое	36	0,24

$$T_B = (0,12 + 0,05 + 0,05 \cdot 7 + 0,25 \cdot 5) \cdot 1,85 = 3,27 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = T_B + T_o. \quad (21)$$

После подстановки

$$T_{оп} = 3,27 + 7,51 = 10,8 \text{ мин.}$$

Третье слагаемое время на организационно-техническое обслуживание.

Так же, как и четвертый элемент - время на личные надобности, они определяются в процентах от оперативного времени

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (22)$$

где a – коэффициент.

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (23)$$

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

$$T_{об} = 10,8 \cdot \frac{6}{100} = 0,65 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = 10,8 \cdot \frac{5}{100} = 0,54 \text{ мин.}$$

В результате суммарное штучное время равно

$$T_{шт} = 10,8 + 0,65 + 0,54 = 12 \text{ мин.}$$

Итогом нормирования является определение штучно-калькуляционного времени, которое равно

$$T_{шт-к} = \frac{45}{236} + 12 = 12,2 \text{ мин.}$$

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

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 специальной технологической оснастки

3.1 Проектирование приспособления

Первым шагом при проектировании оснастки является определение требований к изготавливаемым деталям. Это позволяет определить необходимые элементы оснастки, такие как крепежные элементы, устройства для фиксации деталей и т.д.

Затем необходимо определить материалы, из которых будет изготовлена оснастка. Они должны быть достаточно прочными и жесткими, чтобы обеспечить стабильность деталей во время обработки [22].

Далее следует разработка конструкции оснастки с учетом требований к изготавливаемым деталям и материалам. Конструкция должна обеспечивать максимальную точность и повторяемость процесса изготовления деталей.

Особое внимание следует уделить безопасности при проектировании оснастки. Она должна быть спроектирована таким образом, чтобы предотвратить возможные травмы операторов при работе со станком с ЧПУ.

В целом, проектирование оснастки является важным этапом в производстве деталей на станках с ЧПУ. Она должна быть разработана с учетом всех требований к изготавливаемым деталям, материалам и безопасности, чтобы обеспечить максимальную эффективность и качество процесса изготовления [20].

На рисунке 7 показаны присоединительные элементы шпинделя A2-6 токарно-фрезерного обрабатывающего центра Токарный центр Mazak IVC 200.

Для проектирования самоцентрирующего патрона, который используется при изготовлении детали, необходимо иметь следующие исходные данные.

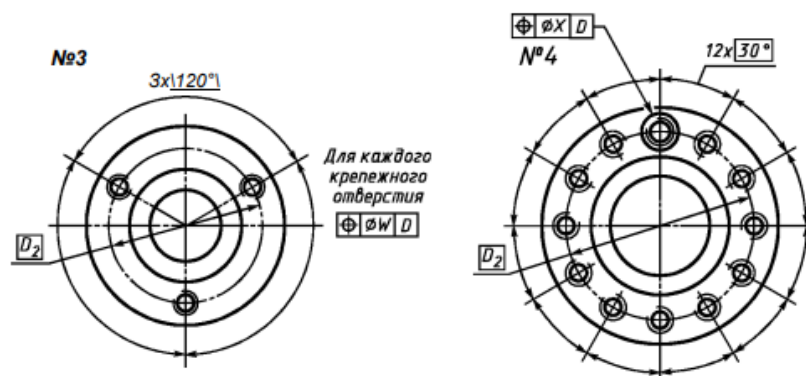


Рисунок 7 – Присоединительные поверхности шпинделя А2-6

Необходимо знать точные базовые размеры детали, включая ее диаметр и длину. Для корпусных деталей - высоту и ширину.

Необходимо задать точные требования к погрешности установке детали в патроне, что определяет допустимые зазоры в сопряжениях зажимного механизма и требуемую точность изготовления деталей.

Требования к материалам, используемым при изготовлении патрона, заключаются в достаточном уровне прочности и износостойкости. Также задаются требования к качеству поверхностей деталей патрона, включая допустимые отклонения и шероховатость.

Формируются требования к технологии изготовления патрона, включая необходимые переходы, станки и инструмент, а также требования к сборке патрона, включая необходимые моменты затяжки и посадки.

Все эти данные необходимо систематизировать для проектирования самоцентрирующего патрона, чтобы обеспечить требуемую точность и качество при изготовлении детали. Кроме того, необходимо учитывать особенности конкретной заготовки и особенности применения патрона на операции, чтобы обеспечить максимальную функциональность патрона и надежность закрепления.

Сведения о заготовке включают в себя информацию о типе заготовки, состоянии поверхности, материале. Штамповка, без обработки, 30ХГСА.

Сведения о технологической операции включают в себя режимы резания, сведения о режущем инструменте и схеме обработки. Описание полностью в разделе 2.

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.

Вести расчет будем для сверления отверстия 36 мм и токарной черновой обработке по наружной поверхности. Это самые загруженные переходы.

Для среднесерийного типа производства необходимо спроектировать станочное приспособление, которое может относиться к категории универсальных или наладочных приспособлений.

Тип привода необходимо выбрать механизированный для обеспечения надежного, быстрого и точного закрепления заготовки.

Станочное приспособление должно реализовать выбранную схему базирования, которая представлена на рисунке 3 в разделе 2.

Первым этапом проектирования станочного приспособления является расчет режимов резания, если они не были определены ранее. Это необходимо для того, чтобы составить уравнение статического равновесия между моментом резания и моментом закрепления, который обеспечивает неподвижность заготовки в базовом положении.

Силу при точении и сверлении рассчитывали ранее. Они равны

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,856^{0,75} \cdot 111,2^{-0,15} \cdot 0,94 = 3095 \text{ Н.}$$

$$M = 10 \cdot 0,09 \cdot 36^1 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 0,9^{0,8} \cdot 1,36 = 92,3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 36^1 \cdot 2,5^{1,2} \cdot 0,9^{0,65} \cdot 1,36 = 2515 \text{ Н.}$$

Схема обработки на данных переходах для выбранной операции представлена на рисунках 8 и 9.

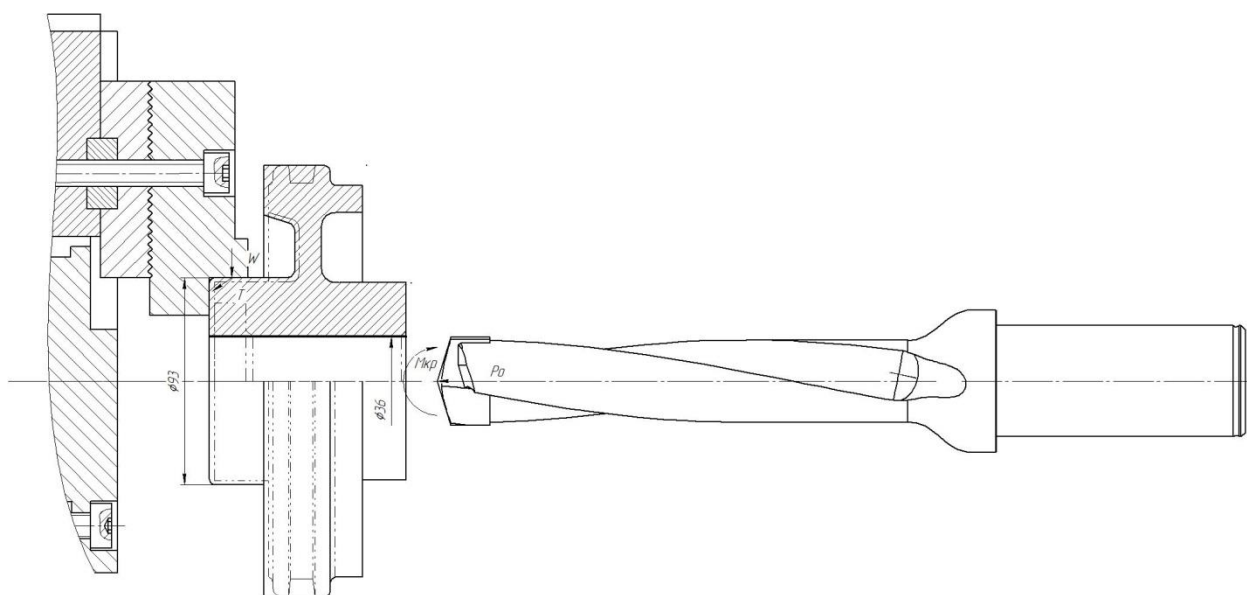


Рисунок 8 -Схема сил резания и зажима при зенкеровании

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.

При точении также действуют сила осевая P_x и радиальная P_y . Они создают дополнительные моменты. Найдем эти силы по формуле (12), в которую подставим соответствующие коэффициенты.

$$P_x = 10 \cdot 241 \cdot 2,5^{1,05} \cdot 0,856^{0,2} \cdot 111,2^{-0,4} \cdot 0,94 = 836 \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 0,856^{0,6} \cdot 111,2^{-0,3} \cdot 0,94 = 1155 \text{ Н.}$$

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

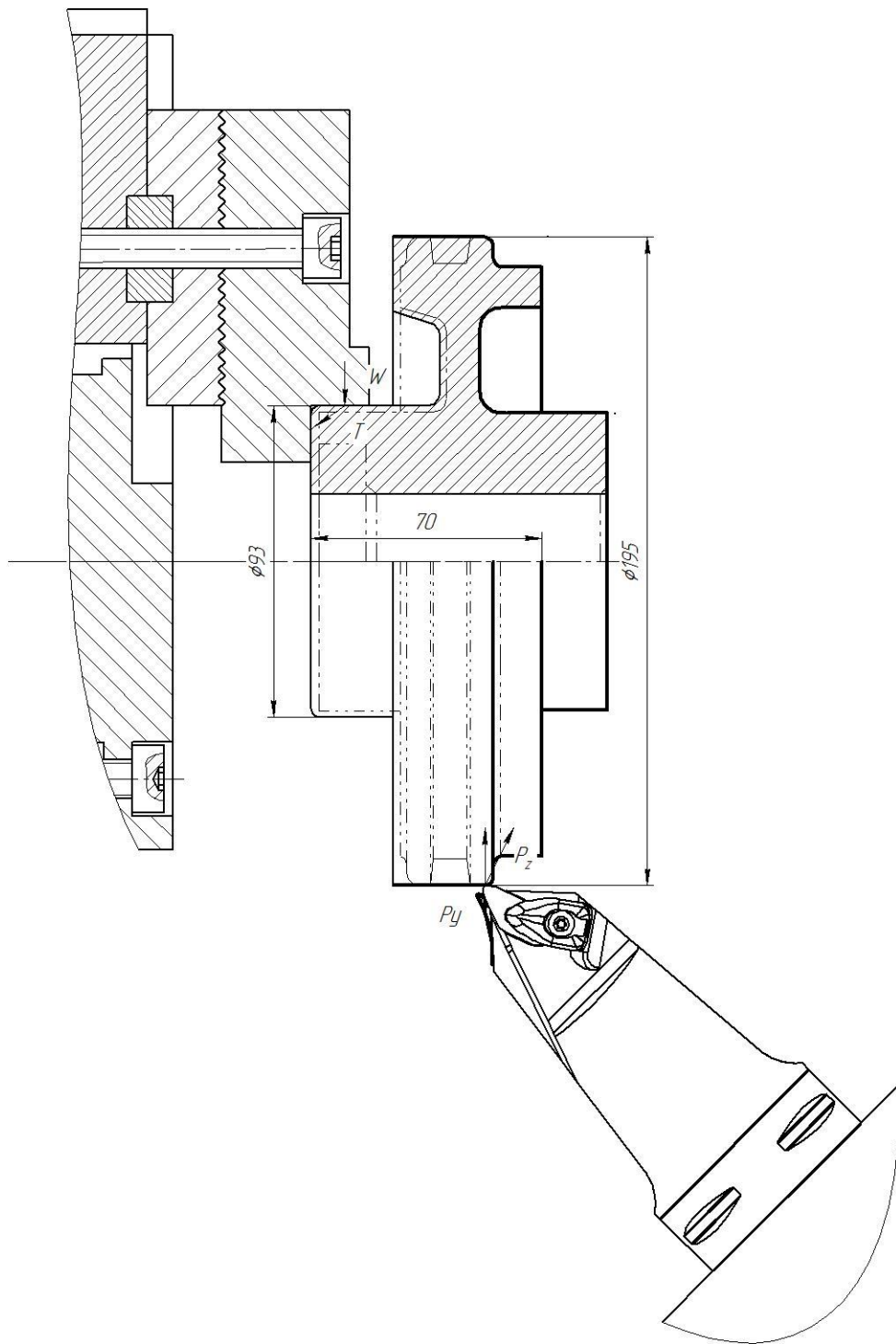


Рисунок 9 -Схема сил резания и зажима при точении

$$W = \frac{k \cdot (P_z \cdot l_1 + P_y \cdot l_1 + P_x \cdot l_2)}{m \cdot f \cdot l_3}, \quad (24)$$

«где k – коэффициент безопасности;

P_z – тангенциальная сила резания, Н;

P_y – радиальная сила резания, Н;
 P_x – осевая сила резания, Н;
 $l_{1,2,3}$ – плечи действия сил резания и сил закрепления м;
 m – количество прижимов;
 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

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (25)$$

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

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

$$W = \frac{2,5 \cdot (3095 \cdot 0,098 + 1155 \cdot 0,08 + 836 \cdot 0,051)}{2 \cdot 0,3 \cdot 0,046} = 39705 \text{ Н}.$$

Для сверления подставим в формулу (24) момент от обработки. Осевая сила прижимает заготовку и создает дополнительное трение между ней и кулачками, поэтому не учитываем.

$$W = \frac{2,5 \cdot 92,3}{2 \cdot 0,3 \cdot 0,046} = 8360 \text{ Н}.$$

Выбираем силу закрепления 39705 Н.

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

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (26)$$

«где W - исходная расчетная сила, Н;

l_k – плечо до места действия W , м;

H_k – длина направляющей, м;

f_1 - коэффициент трения» [4].

$$W_1 = \frac{39705}{1 - \left(\frac{70}{100} \cdot 0,1 \right)} = 42694 \text{ Н.}$$

Силовое передаточное отношение определяется параметрами рычажного зажимного механизма.

$$Q = \frac{W}{i_C}, \quad (27)$$

где i_C – передаточное силовое отношение, равное отношению плеч рычагов (1,2).

Диаметр корпуса патрона d_{Π} :

$$d_{\Pi} = d_{\max} + 2 \cdot H, \quad (27)$$

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

Корпус

$$d_{\Pi} = 93 + 2 \cdot 100 = 293 \text{ мм.}$$

Рычажный механизм определяет коэффициент i_C отношением плеч рычага l_1 и l_2 . Для принятой схемы i_C равно 1,2.

Усилие на штоке

$$Q = \frac{42694}{1,2} = 35578, \text{ Н.}$$

При проектировании станочного приспособления необходимо определить перемещения элементов. Этот расчет включает в себя определение перемещения исполнительных органов с учетом передаточного отношения. Оно обратно пропорционально силовому передаточному отношению. Перемещение штока и кулачков связаны как

$$S_{\text{ш}} = \frac{S_K}{i_C}, \quad (28)$$

где S_K – ход кулачков, м.

Тогда ход через отношение

$$S_{\text{ш}} = \frac{5}{1,2} = 4,1 \text{ мм.}$$

Для надежности примем 10 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.

Задаемся сначала пневматическим приводом зажима. Определяем диаметр поршня с учетом определенного процента потерь

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P \cdot \eta}} \quad (29)$$

где P – давление, Мпа;

η - коэффициент полезного действия.

Для пневматики примем $P = 0,4$ МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{35578}{0,95 \cdot 0,4}} = 346 \text{ мм.}$$

Так как диаметр полученного поршня не вписывается в компоновку выбранного станка и приспособления меняем пневматический привод. Изменим рабочую среду. Для гидравлики примем $P = 5$ МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{35578}{0,95 \cdot 5}} = 97,7 \text{ мм.}$$

Выбранное значение диаметра поршня округляем до ближайшего большего стандартного. Стандартное большее значение 100 мм.

Для обеспечения необходимой точности установки заготовки приспособление должно обеспечивать заданную погрешность установки. Она не должна превышать 30% от технологического допуска (0,062 мм). Оптимальным соотношением является точность на уровне 10% от допуска технологического размера. Тогда максимальная допустимая погрешность – 0,02 мм.

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. Тогда погрешность

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^n TA^2}, \quad (30)$$

где TA – допуск на составляющее звено цепи, мм.

Тогда погрешность равна

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{2 \cdot 0,008^2 + 0,01^2 + 2 \cdot 0,006^2} = 0,018 \text{ мм.}$$

Спроектированное приспособление предназначено для установки и базирования заготовки на операциях механической обработки. Трех кулачковый патрон предназначен для закрепления поршня на операциях по токарной обработке.

Патрон состоит из корпуса 1, который по установочному отверстию крепится на фланце шпинделя токарного станка. В трех радиальных пазах этого корпуса перемещаются постоянные кулачки 10. При помощи центрирующих шпонок 19, прикрепляют винтами 18 сменные кулачки 11, которые могут заменять под обработку заготовок разной конфигурации или регулироваться в радиальном направлении по вставке 16. По центральному отверстию корпуса 1 перемещается втулка 4. Внутри нее установлен винт тяги 5, который при помощи винта 13 и кольца 6 закрепляется во втулке 5. В отверстии втулки 4 проходит соединительный винт 5, на который накручивается общая тяга, не показанная на листе, и соединяющая патрон с приводом зажима. Для регулирования положения общей тяги используется дистанционная втулка 6, которая закрепляется на соединительном винте 4 радиальным винтом 13. Ее положение фиксируется в круговом направлении при помощи штифта 20. В трех пазах втулки 5 размещаются вставки 8, которые при помощи укороченных осей 7 соединяются с рычагом 2. Три рычага 2 в корпусе патрона установлены на длинной оси 3. При помощи вставок 15 и укороченной оси 14 рычаги 2 соединяются с постоянными кулачками 10. Центральное отверстие корпуса 1 закрывается крышкой 9, которая при помощи винтов 17 крепится в корпусе 1. В случае необходимости замена крышки позволяет устанавливать в корпусе 1 необходимые упоры или установочные центра.

Приспособление работает следующим образом. В исходном положении заготовка помещается в кулачки патрона 11. Происходит подача рабочего давления в правую полость привода зажима. За этого общая тяга тянет соединительный винт 5, который через тягу приводит в движение втулку 4 и перемещает ее влево. Рычаги 2 поворачиваются по часовой стрелке и постоянные кулачки 10 с закрепленными на них сменными кулачками 11 двигаются к центру заготовки. Происходит ее закрепление. Для раскрепления заготовки давление подается в левую рабочую полость привода зажима. Тяга двигается вправо. Это приводит к повороту рычагов 2 против часовой

стрелки и движению кулачков 11 от центра заготовки. Перед обработкой сменные кулачки 11 настраиваются на заданный размер при помощи перестановки по вставке 16.

3.2 Проектирование инструмента

Для проектирования патрона и сверла-зенкера при изготовлении поршня привода необходимо учесть следующие ряд данных. Это конструкторские параметры. Точные размеры поршня, включая его диаметр, длину, высоту и ширину, а также точные размеры отверстия в поршне.

Эти параметры зависят от требований к посадке поршня на вал привода, включая допустимый зазор и требуемую точность центрирования.

Требования к материалу сверла с учетом обрабатываемого материала 30ХГСА. Материал сверла Т15К6.

Требования к технологии изготовления сверла, включая необходимые методы обработки и инструменты.

Сверло для обработки центрального отверстия должен обеспечивать высокую производительность. Инструмент должен иметь высокую жесткость. Глубина отверстия в поршне составляет 90 мм при диаметре отверстия 34 мм. Отношение получается равным около 3.

Для сокращения времени обработки предлагается выполнить обработку данного отверстия за переход. Для этого необходимо использовать сверло более жесткой конструкции, которая позволит повысить режимы обработки. Режущая часть сборного сверла имеет на режущей части стандартные четырехгранные пластины. Они закрепляются в корпусе сверла при помощи винтов. Устанавливаются на опорные пластины для повышения стойкости корпусной детали (рисунок 10).



Рисунок 10 – Сборное сверло

Корпус имеет винтовые стружечные канавки для отвода стружки из зоны обработки. Для облегчения этого процесса внутри корпуса сверла проходит центральный сквозной канал. Он перед рабочей зоной разделяется на два канала выходящие непосредственно к режущими кромками.

Особенностью рабочей части является размещение режущих пластин со смещением относительно друг друга в радиальном направлении. Это позволяет при обработке разделять ширину снимаемой стружки, что облегчает ее образование и снижает силы резания при обработке данным инструментом [23]. Кроме этого, замена режущих пластин происходит оперативно и с высокой точностью.

В результате использования данного инструмента, который устанавливается по хвостовику Coromant Capto, обеспечивается надежность передачи крутящего момента, дает возможность высокоточной и производительной обработки центрального отверстия. Это позволяет снизить штучное и машинное время обработки на токарной операции.

Канавочный резец для обработки профильной канавки должен иметь ряд параметров. Форма и размеры режущей кромки должны соответствовать требуемой форме и размерам канавки, или давать возможность прохода по профилю канавки с заданной траекторией.

Для снижения нагрузки угол заточки (который образуется передним и задним углами) должен быть оптимальным для данного материала и типа обработки. Материал пластины выбирается так, чтобы твердость режущей кромки была достаточной для обеспечения стойкости инструмента и качества обработки.

Геометрические параметры канавки (ширина в заданном сечении, общая глубина, угол наклона бокового профиля) должны быть точно соблюдены для достижения требуемого размера и формы канавки, чтобы обеспечить нормальный характер работы ремня.

Материал резца должен быть достаточно прочным и стойким к износу при обработке углеродистой стали, например твердый сплав Т15К6.

Поверхность режущей пластины резца должна быть гладкой и свободной от дефектов, чтобы избежать повреждения обрабатываемой детали и обеспечить качественную обработку.

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. Режущий инструмент спроектирован для повышения эффективности обработки отверстия и паза под шкив.

Спецификации по приспособлению даны в таблице Б.1 приложения Б, а по инструменту в таблице В.1 в спецификации В.

4 Экологичность и безопасность проекта

Задача раздела – обеспечить необходимые требования и нормы по безопасности и экологичности технологического процесса изготовления поршня.

Этап описания технологического объекта, для которого разрабатываются меры защиты [4]. В работе рассматривается участок по механической обработке деталей типа тел вращения в условиях среднесерийного производства.

Технологический процесс изготовления поршня включает следующие преходы. На токарной операции, которая выполняется на токарном центре Mazak IVC 200, проводят точение начерно поверхности по контуру, сверление отверстия сборным сверлом, расточку начерно и начисто отверстия, точение канавки начерно и начисто. На термообработке в печи индукционной выполняется закалка. На внутришлифовальной на соответствующем станке шлифование отверстия.

При изготовлении поршня в механосборочном производстве из углеродистой стали 30ХГСА могут возникать следующие вредные и опасные факторы

Это может быть выделение пыли и газов при обработке заготовки (штамповки), что может привести к различным заболеваниям дыхательных путей.

Риск получения травм при работе с оборудованием, например, при обработке на станках движущимися рабочими органами, а также острыми гранями, кромками инструмента (резцы, сверло), стружки или заусенцев.

Риск получения ожогов при работе с нагретыми заготовками (обработка на повышенных скоростях, термообработка).

Риск отравления при работе с химическими растворами, используемыми для обработки стали для охлаждения (эмульсола).

Для защиты от этих вредных и опасных факторов необходимо соблюдать свои меры для каждой из групп вредных факторов. Для обеспечения безопасности труда при изготовлении детали поршень необходимо соблюдать следующие меры.

Использовать защитную одежду, маски и респираторы для предотвращения вредного влияния на органы дыхания и слизистую оболочку глаз при выделении пыли и газов. Рабочие и служащие участка механической обработки для защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов должны быть обеспечиваются спецодеждой и специальной обувью. Спецодежда должна соответствовать для женщин ГОСТ 12.4.099-80, для мужчин – ГОСТ 27575-87. Для защиты органов дыхания, при механической обработке для защиты от металлической пыли, нужно использовать противопылевые респираторы.

Обеспечить безопасность при работе с оборудованием (инструктаж, защитные экраны, ограждения, надписи), соблюдая правила техники безопасности. Использовать специальные инструменты для работы с нагретыми деталями (клещи) и соблюдать правила безопасности при работе с ними. Соблюдать правила работы с химическими растворами, используя защитные перчатки и очки, а также системы приточно-вытяжной местной вентиляции, а также системы фильтрации воздуха в помещении, а также при удалении воздуха их цеха.

Также необходимо обучать персонал правилам техники безопасности и проводить регулярные проверки оборудования на соответствие требованиям безопасности (механическая проверка, электрическая и пожарная безопасность).

«По степени опасности поражения током механические цеха относят к помещениям с повышенной опасностью (температура до 30° С, влажность воздуха более 70%). Для защиты от поражения током обязательно предусматривают: защитное заземление, изоляция и ограждение токоведущих частей, защитное отключение оборудования» [4].

«Конструкция здания участка по пожарной опасности относится к категории «Д». Причинами пожара на участке могут быть искры, образующаяся при коротких замыканиях; ремонт оборудования на ходу; самовозгорание промасленной обтирочной ветоши или спецодежды при соприкосновении с горячими частями оборудования» [4].

«Для защиты участка от пожара предусматривается наличие стационарных огнетушащих установок, устройства сигнализации загорания. В качестве первичных средств тушения огня применяется сеть внутреннего пожарного водопровода; огнетушители марки ОХП-10, УО-5; песок (стенды пожарные)» [4].

На участке механической обработки следует принять меры по защите окружающей среды от загрязненного воздуха, удаляемого из производственного помещения, по обезвреживанию промышленных сточных вод при их выпуске в местное водохранилище. Для очистки воздуха от туманов масел, СОЖ и других жидкостей будем использовать волоконные и сетчатые туманоуловители, принцип действия которых основан на осаждении капель смачивающей жидкости на поверхности пор с последующим стеканием жидкости под действием сил тяжести. Будем использовать низкоскоростной туманоуловитель типа Н-2000 и агрегат АЭ2-12. Очищенный воздух из цеха частично будет поступать обратно в помещение, обеспечивая рециркуляцию воздуха, а частично выбрасываться в атмосферу. Для очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов и других веществ будем использовать флотационные установки, после прохождения, которых сточные воды частично выпускаются в местное водохранилище, а частично используются в качестве хозяйственных вод.

Выводы по разделу

Определены меры безопасности для выявленных вредных и опасных производственных факторов, а также меры по обеспечению экологичности для технологии изготовления поршня.

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 [24].

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

- сокращение основного времени выполнения операций на 49,6%;
- сокращение вспомогательного времени – на 7,2%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента в 2,5 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 11 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.

Используя, описанную на рисунке 11, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (K_{BB}), которая составила 146845,21 руб. Данное

значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта.



Рисунок 11 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [8]

На рисунке 12 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

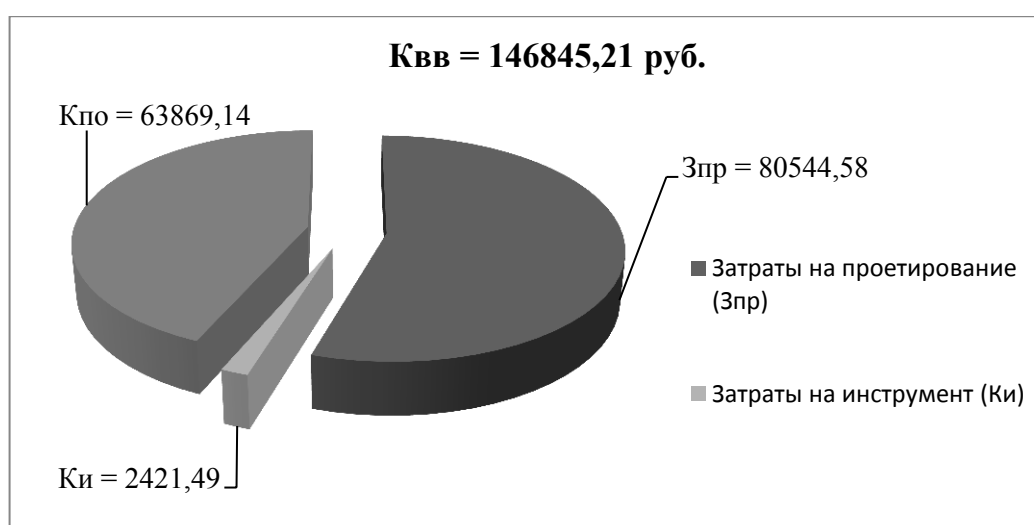


Рисунок 12 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Анализируя рисунок 12, можно сказать, что затраты на проектирование являются самыми существенными, так как их доля составила 54,9 % в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 13.

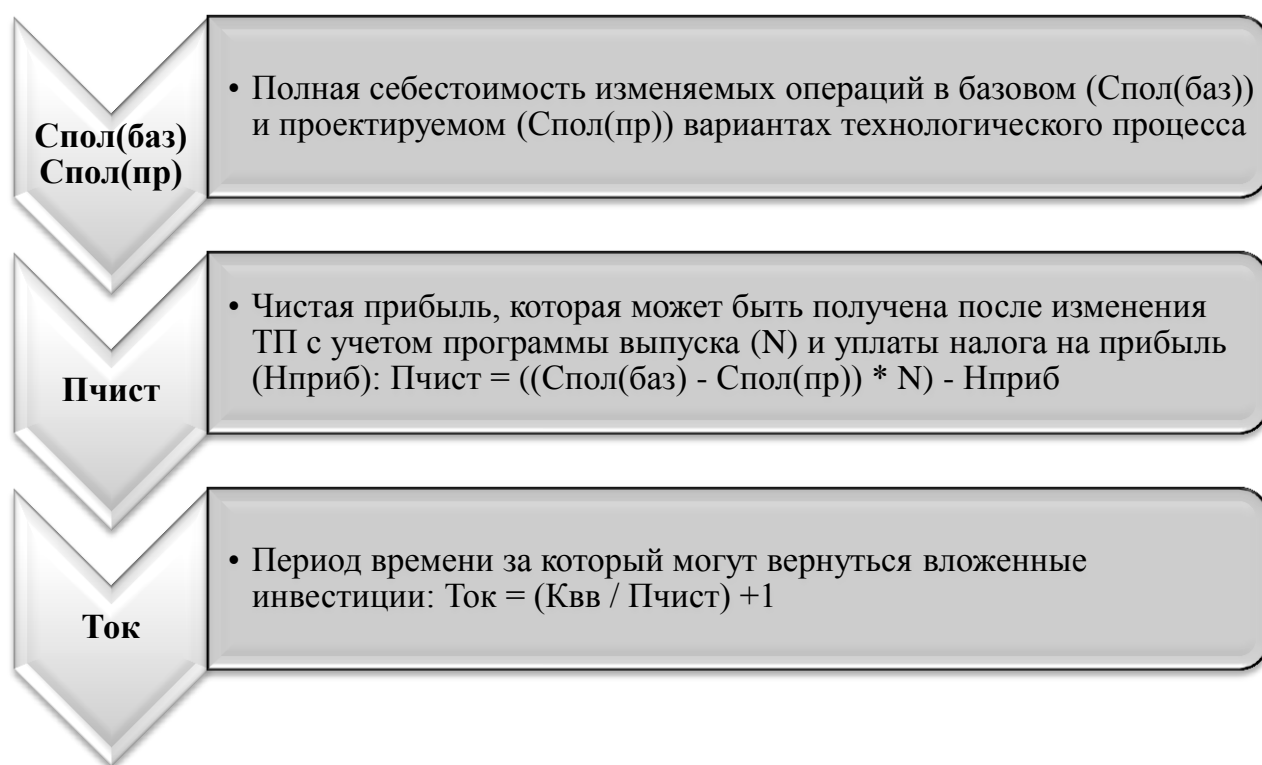


Рисунок 13 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 13, 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 14.



Рисунок 14 – Результаты расчета полной себестоимости по вариантам

Из рисунка 14 видно, что полная себестоимость в проектируемом варианте снижается, это изменение составляет около 14,8 %.

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 15 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

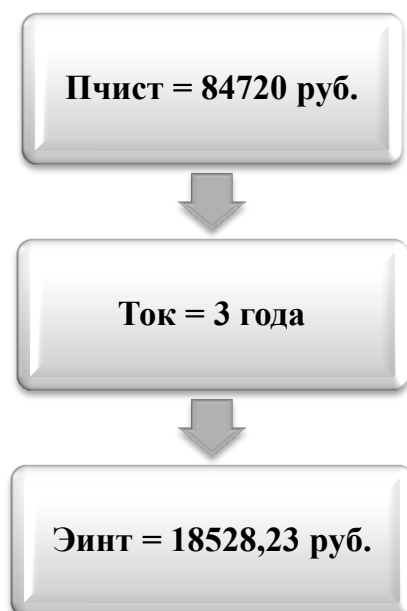


Рисунок 15 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{ЧИСТ}$), срока окупаемости ($T_{ОК}$) и экономического эффекта ($\mathcal{E}_{ИНТ}$)

Выводы по разделу

Как показано на рисунке 15, экономический эффект является положительной величиной, т. е. он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Заключение

В результате выполнения данной работы спроектирован технологический процесс изготовления поршня гидравлического привода.

В первой части описываются требования к материалу, геометрии и точности поршня, а также технология его производства, начиная с заготовительного производства. Для заданного объема выпуска деталей в количестве 3000 деталей в год и массе детали 12,8 кг был выбран среднесерийный тип производства. Особое внимание уделяется влиянию технологичности поршня на работу системы и ее надежность. Приводятся рекомендации по выбору технологических методов обработки поршня, учитывающие условия эксплуатации и требования к нагрузкам, заложенные в технических требованиях на чертеж.

Во второй части работы выполнены этапы проектирования технологического процесса включают в себя анализ требований к изделию, включая геометрические параметры, материал и функциональные характеристики; разработку конструкции и выбор оптимального материала для изготовления; определение последовательности операций и выбор оборудования для выполнения каждой операции; разработку технологической документации, включающей в себя чертежи, спецификации, технические условия и инструкции по выполнению операций; определение контрольных точек и методов контроля качества на каждом этапе производства; оценку затрат на производство и определение цены изделия.

В третьей части спроектирован для токарной операции самоцентрирующий патрон. Для обработки канавки фасонной формы разработана конструкция сборного резца.

Заключительные разделы обеспечивают меры по защите труда, а в экономическом разделе просчитана эффективность от замены многопереходной обработки канавки на высокопроизводительную обработку универсальным инструментом – токарным резцом.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулич Н.В. Технология машиностроения : учебник / Н.В. Акулич - Ростов на/Д : Феникс, 2015. - 395 с.
2. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
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. Захахатнов В. Г. Технические средства автоматизации : учеб. пособие / В. Г. Захахатнов, В. М. Попов, В. А. Афонькина. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 140 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/130159> (дата обращения: 09.12.2022)
7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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)

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

22. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.
23. Muhammad, Bashir Wan, Min Feng, Jia Zhang, Weihong. (2017). Dynamic damping of machining vibration: a review. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 89. 2935-2952. 10.1007/s00170-016-9862-z.
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													
Директ.													
Безам.													
Посл.													
										2	1		
Разраб.	Мурашкевич												
Проверил	Расторгуев												
Утвердил	Погинов												
Н. контр.	Расторгуев												
М 01	Сталь 30ХГС ГОСТ 4543-71												
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры		КД	МЗ		
М 02		кз	12,8	1	1	0,75	02	200x87		1	16,5		
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	Штамповка заготовительная											
Б04	Пресс К8542												
А05	005	4233	Токарная с ЧПУ										
Б06	Токарно-фрезерный Mazak IVС 200												
А07	010	5000 Термическая обработка											
Б08													
А09	015	4132 Внутршлифовальная											
Б10	Внутршлифовальный станок ЗК229В												
А11	020	0125 Промывка											
Б12													
А13	025	0200 Контроль											
Б14													
Т15	Штамп Ш-III-4 ГОСТ 10197-70												
Т16	Штамп ШМ-IV-8 ГОСТ 10197-70												
МК	Маршрутная карта										2		

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Двусл.	Взам.	Посл.											3	1
Разраб.	Проверил	Утвердил	Поршень											010
Н. контр.	Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД		
Токарная с ЧПУ			Сталь 30ХГС ГОСТ 4543-71	НВ=220	кз	12,8						1		
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы											
Токарно-фрезерный Mазак IVC 200				То	Гв	Г лз.	Шт.				СОЖ			
				7,51	3,27	45	12,2							
				D или B		L	t	I	s	n	v			
T01	Патрон 7102-0082 ГОСТ 24351-80													
O02	1. Установить деталь													
O03	2. Точить заготовку													
T04	PDINR3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82													
P05		-	200	55	2	1	0,856	177	111,2					
O06	3. Сверлить отверстие													
T07	035-2302-0014 Сверло ф38 ОСТ 2И20-9-84													
P08		-	36	90	2	1	0,848	89	10,1					
O09	4. Переустановить и закрепить заготовку													
O10	5. Точить заготовку													
T11	PDINR3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82													
P12		-	200	55	2	1	0,856	177	111,2					
O13	6. Расточить глухое отверстие													
OK	Операционная карта											4		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

		ГОСТ 3.1404-86 Форма 2а									
Дубл.	Взам.										
Площ.											
		2									
		005									
		Поршень									
P		ПИ	D или B	L	t	i	s	n	V		
T01	2141-0030 Резец ВК4 ГОСТ 18883-73	-	69	18	1	3	0,918	410	88,9		
P02											
O03	7. Расточить глухое отверстие										
T04	2141-0030 Резец ВК4 ГОСТ 18883-73	-	69	18	1	3	0,918	410	88,9		
P05											
O06	8. Расточить глухое отверстие										
T07	2141-0030 Резец ВК4 ГОСТ 18883-73	-	70	18	1	3	0,918	404	88,8		
P08											
O09	9. Расточить отверстие										
T10	035-2339-0021 Головка ОСТ 2И23-2-84	-	36	90	2	1	0,848	89	10,1		
P11											
O12	10. Переустановить и закрепить заготовку										
O13	11. Точить заготовку										
T14	PDINR3232P15 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82	-	200	55	0,5	1	0,476	282	177,2		
P15											
O16	12. Точить канавку										
T17	2130-0013 Резец Т15К6 ГОСТ 18884-73	-	185	6,5	6	1	0,201	134	77,9		
P18											
OK	Операционная карта								5		

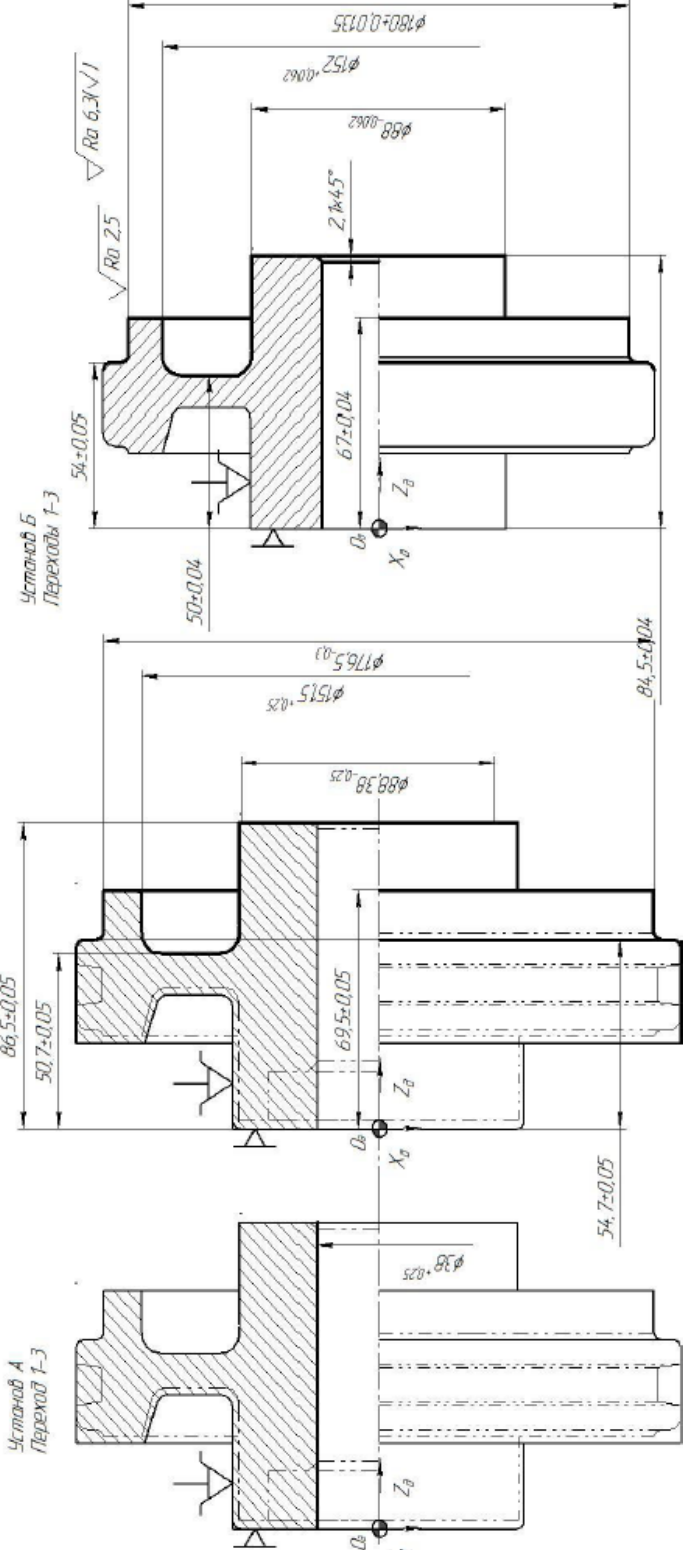
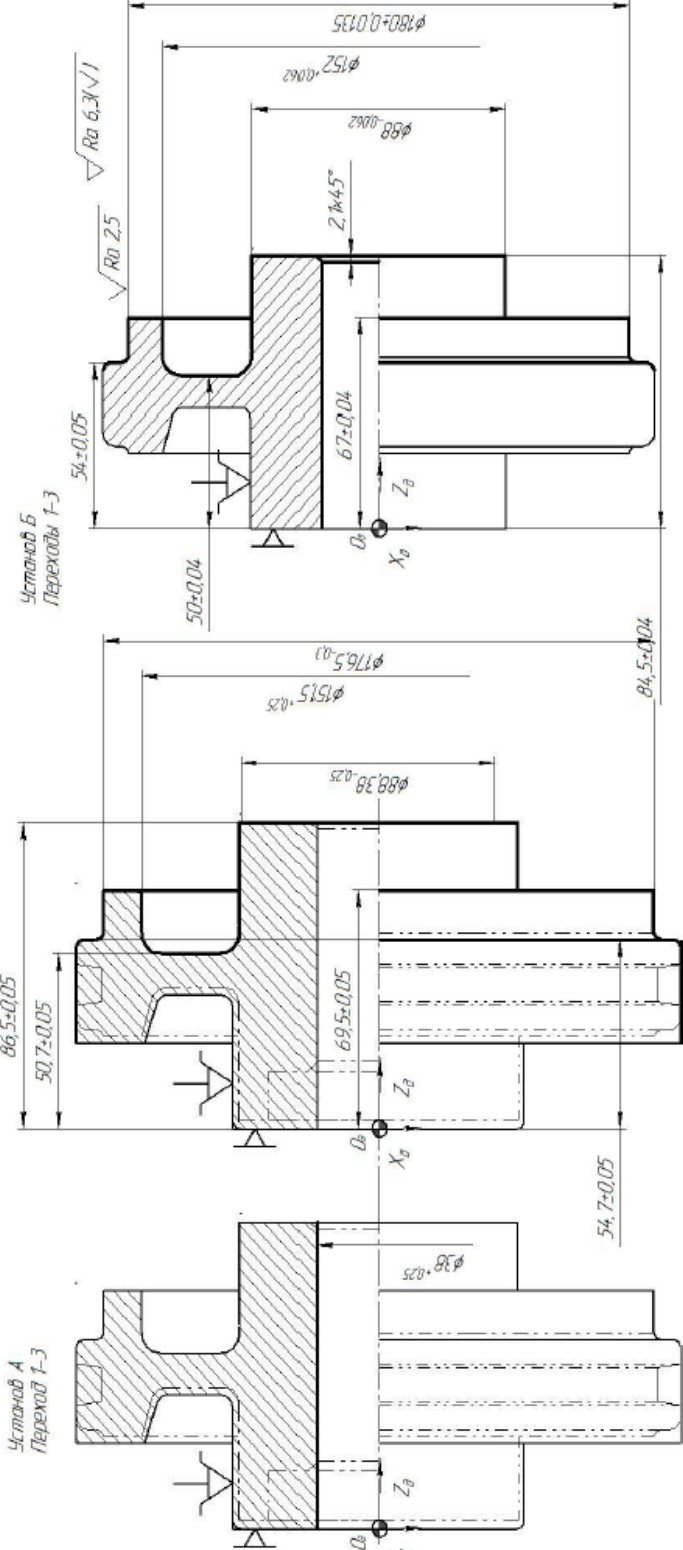
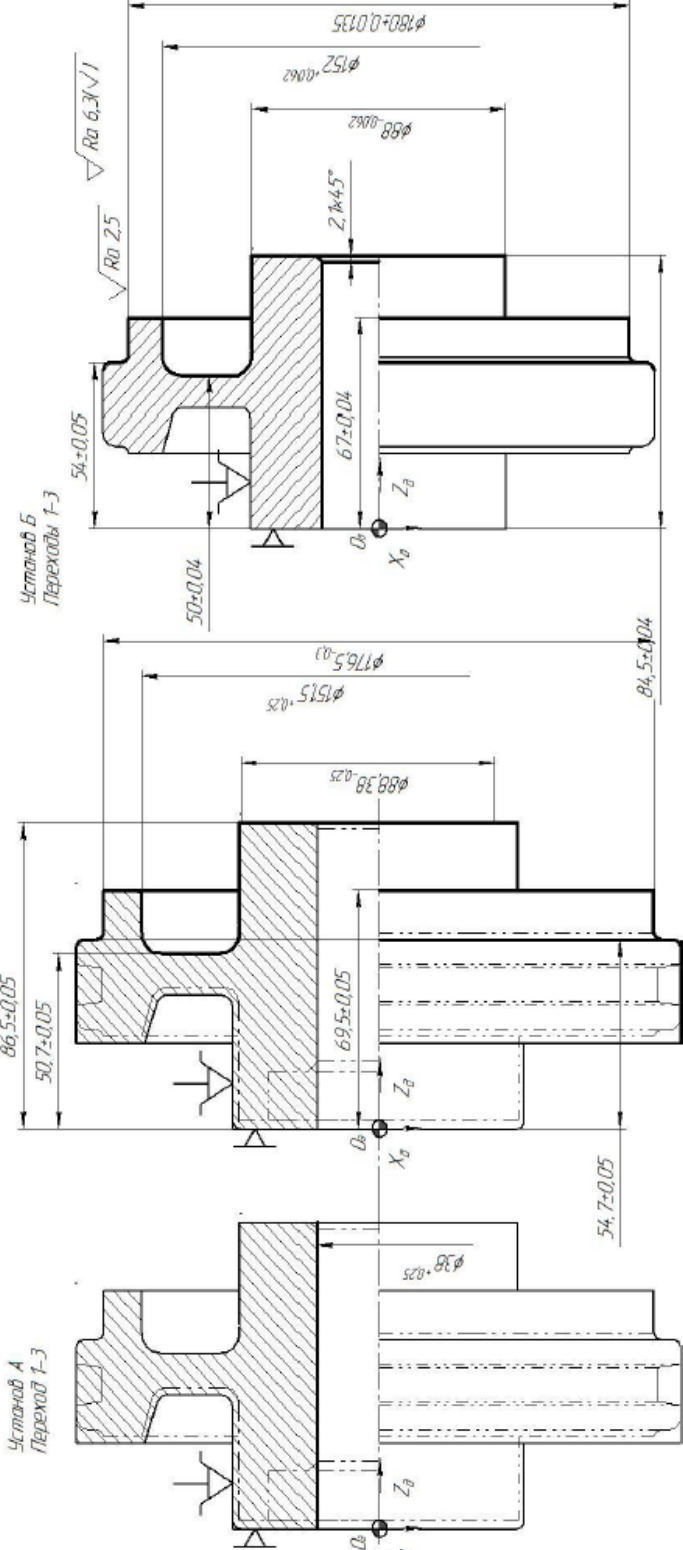
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

		ГОСТ 3.1404-86 Форма 2а										
Дубл.	Бзам.											
Тлоол.												
											3	
											005	
P		П	И	D	или	B	L	t	i	s	n	v
O01	13. Точить канавку начерно											
T02	2112-0007 Резец T15K6 ГОСТ 18880-73											
P03		-	200	17	2	6	0,623	159	99,9			
O04	14. Точить канавку начисто											
T05	PDINR3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82											
P06		-	200	17	0,5	1	0,23	315	197,9			
O07	15. Снять деталь											
O8												
O9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
OK	Операционная карта											6

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Деталь		ГОСТ 3.1105-84 Форма Za									
		3	005								
<p>Установка А Переходы 1-3</p> 	<p>Установка Б Переходы 1-3</p> 	<p>Установка В Переходы 1-3</p> 					<p>Карта эскизов</p>				
Деталь	Установка А										КЭ
Взам.	Установка Б										
ТЮЛЛ.	Установка В										
	3										
	005										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7а										
Дуол.										
Взам.										
Типол.										
									3	
									005	
КЭ	Карта эскизов									

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
<u>Документация</u>								
Стр. №	A1			23.ВКР.ОТМП.292.60.00.000.СБ	Сборочный чертеж			
<u>Детали</u>								
		1		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.001.	Корпус	1		
		2		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.002.	Рычаг	3		
		3		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.003.	Ось	3		
		4		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.004.	Центровик	1		
		2		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.005.	Винт тяги	1		
		3		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.006.	Втулка	1		
		4		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.007.	Ось втулки	3		
		5		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.008.	Вставка нижняя	3		
		6		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.009.	Крышка	1		
		7		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.010.	Кулачок постоянный	3		
		8		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.011.	Кулачок сменный	3		
		9		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.012.	Фиксатор патрона	3		
		10		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.013.	Винт радиальный	1		
		14		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.014.	Ось кулачка	3		
		15		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.015.	Вставка верхняя	3		
		16		23.ВКР.ОТМП.292.60.00.016.	Подставка регулировочная	3		
				<u>Стандартные изделия</u>				
23.ВКР.ОТМП.292.60.00.000.СП								
Изм. № лист	Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата		
	Разраб.		Мурашкевич				Лит	
	Проб.		Расторгуев				Д	
	Реценз.						1	
	Н.контр.		Расторгуев				2	
Утв.		Логинюв				ТГУ, ИМ, гр. ТМбп-1801б		
Патрон								
Не для коммерческого использования				Копировал		Формат А4		

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. Подп. и дата. Взам инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата.	Лист прамех.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание	
						<i>Документация</i>			
	A2				23.ВКР.ОТМП.292.65.00.000. СБ	Сборочный чертеж			
						<i>Детали</i>			
			1		23.ВКР.ОТМП.292.65.00.001.	Корпус	1		
			2		23.ВКР.ОТМП.292.65.00002.	Режущая пластина	2		
			3		23.ВКР.ОТМП.292.65.00.003.	Винт	2		
					23.ВКР.ОТМП.292.65.00.000.СП				
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
		Разраб.		Мирошкевич					
		Проб.		Расторгуев			Д		1
		Реценз.							
		Н.контр.		Расторгуев					
		Утв.		Логинов					
							ТГУ, ИМ, гр. ТМдп-1801б		
							Сверло сборное		
							Формат	A4	
							Копировал		
							Не для коммерческого использования		