

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 ступицы Лады Гранта

Обучающийся	<u>Д.Е. Егоров</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2022

Аннотация

В работе представлен технологический процесс изготовления ступицы автомобиля «Лада Гранта». Технология разрабатывалась для условий среднесерийного производства, поэтому базовая заводская технология была значительно переработана.

В описании исходных данных были выполнены анализ условий работы детали, ее назначение, с учетом которого все поверхности ступицы были классифицированы по своим функциям. На основе этого проведен анализ технологичности ступицы, который позволил выявить отдельные не технологичные моменты при изготовлении данной детали.

На основе исходных данных спроектирована и выбрана заготовка в виде штамповки. Для нее и универсального автоматизированного оборудования выбраны технологические переходы с формированием из них технологических операций на основе базового техпроцесса. Это позволяет для среднесерийного производства обеспечить максимальную эффективность путем обеспечения требуемой точности и качества обработанных поверхностей.

Для предложенных технологических переходов и операций с соответствующим оборудованием выбраны средства технологического оснащения в полном комплекте. Выбрана одна из лимитирующих операций - токарная, и для нее разработана оригинальная конструкция станочного зажимного приспособления трех кулачкового самоцентрирующего патрона, который способен работать при высоких оборотах заготовки. Также предложена конструкция режущего инструмента для сверления заготовки, использующая последние достижения в области процесса резания.

На основе анализа вредных факторов возникающих в ходе технологического процесса предложены мероприятия по снижению их вредного влияния. Предложенная конструкция инструмента обоснована технико - экономическим расчетом в заключительном разделе.

Abstract

The graduation paper presents the technological process of manufacturing the hub of the Lada Grant car. The technology was developed for medium-scale production conditions, so the basic factory technology was significantly redesigned.

In the description of the initial data, an analysis of the working conditions of the part, its purpose, was performed, taking into account which all the surfaces of the hub were classified according to their functions. On the basis of this, an analysis of the manufacturability of the hub was carried out, which made it possible to identify individual non-technological moments in the manufacture of this part.

Based on the initial data, a blank in the form of stamping was designed and selected. Technological transitions with the formation of technological operations based on the basic technological process have been selected for it and universal automated equipment. This allows for medium-scale production to ensure maximum efficiency by ensuring the required accuracy and quality of the treated surfaces.

For the proposed technological transitions and operations with the appropriate equipment, the means of technological equipment in a complete set have been selected. One of the limiting operations has been selected - turning, and an original design of a machine clamping device of a three-cam self-centering chuck has been developed for it, which is capable of operating at high speeds of the workpiece. The design of the cutting tool for grinding the workpiece is also proposed, using the latest achievements in the field of the cutting process.

Based on the analysis of harmful factors arising during the technological process, measures to reduce their harmful effects are proposed. The proposed design of the tool is justified by the technical and economic calculation in the final section.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ состояния вопроса	7
1.1 Служебное назначение задней ступицы	7
1.2 Классификация поверхностей.....	8
1.3 Анализ технологичности задней ступицы.....	10
2 Технологическая часть работы	11
2.1 Выбор типа производства.....	11
2.2 Анализ базовой технологии	11
2.3 Выбор и проектирование заготовки	14
2.4 Выбор методов обработки.....	17
2.5 Расчет припусков на обработку	18
2.6 Разработка технологического маршрута и схем базирования.....	21
2.7 Выбор баз, обоснование схем базирования	23
2.8 Выбор средств технологического оснащения	23
2.9 Проектирование операций.....	24
2.10 Расчет норм времени на токарную операцию	29
3 Проектирование специальных средств оснащения	33
3.1 Проектирование приспособления.....	33
3.2 Расчёт и проектирование сверла.....	40
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	42
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	42
4.2 Идентификация профессиональных рисков	42
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта	44
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	44
5 Экономическая эффективность работы	47
Заключение	52
Список используемых источников.....	53

Приложение А Технологические карты	57
Приложение Б Спецификация на приспособление	64
Приложение Г Спецификация на инструмент	66

Введение

Современное технологическое производство определяет уровень развития производительных сил. В условиях экономических санкций способность производить высокотехнологичную продукцию является одним из залогов постоянного роста экономики.

Одной из самых высокотехнологичных отраслей является автомобилестроение, включая производство легковых автомобилей. Возможность производить отдельные детали, комплектующие, узлы и агрегаты дает возможность обеспечивать собственную экономику различными транспортными средствами.

При этом одним из главных компонентов конструкции автомобиля является ходовая часть. Она определяет безопасность движения транспортного средства, возможность управления в различных условиях, а также обеспечивать долговечность автомобиля. Одной из ключевых деталей в конструкции ходовой части является ступица, которая необходима для передачи крутящего момента с привода на колеса.

Для того чтобы обеспечить непрерывную эксплуатацию транспортных средств необходимо предоставлять необходимое количество запасных деталей. Производство таких деталей в условиях массового производства отличается относительной неповоротливостью и не способностью удовлетворять быстро изменяющиеся потребности в этих запасных деталях на местах. Поэтому изготовление деталей, аналогов заводских комплектующих, является одной из возможностей удовлетворить этот непостоянный запрос.

Предложенная работа, в которой рассматривается технология изготовления передней ступицы автомобиля Лада Гранта, является актуальной. В ней описывается технология изготовления ступицы для условий среднесерийного производства. Это позволяет также обеспечить

необходимое изготовление деталей для тюнингованных моделей автомобилей.

Само проектирование выполнено с учетом современных технологических достижений в области гибкого производства на основе использования автоматизированного оборудования. Основной акцент в предложенной работе сделан на решении ряда технологических задач, таких как снижение затрат, повышение эффективности обработки на различных этапах технологического процесса за счет выбора современных методов воздействия на заготовку. Сюда входят и высокоскоростная обработка, и использование современных режущих инструментов, включая режущие пластины, максимально полно адаптированные для определенных условий обработки. Предлагаются современные средства диагностики технологических процессов обработки с целью обеспечения максимального ресурса режущего инструмента.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение задней ступицы

Основные функции передней ступицы заключаются в следующем. Она является основой для крепления переднего колеса, а также передает крутящий момент на это колесо от полуоси, на которой происходит крепление всех деталей данного узла (рисунок 1 и 2).

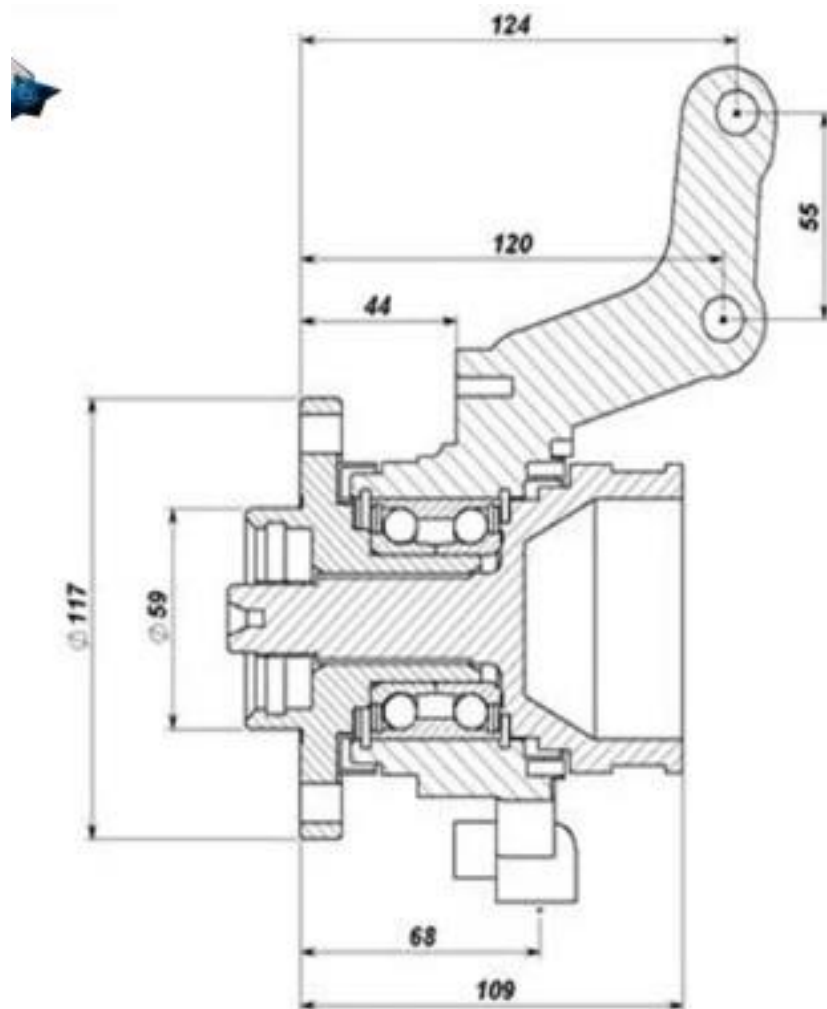


Рисунок 1 – Схема крепления ступицы

Условия работы ступицы определяется характером движения автомобиля. Нагрузка на деталь носит переменный характер, значительный

по величине. Для того, чтобы соответствовать возникающим нагрузкам, используется материал с высокими физико - механическими свойствами АЦ40ХГНМ ТУ 14-1-2252-2007 [9]. Это кальцийсодержащий алюминиевый сплав имеет предел прочности равный 980 МПа, твердость по шкале НВ до 240.

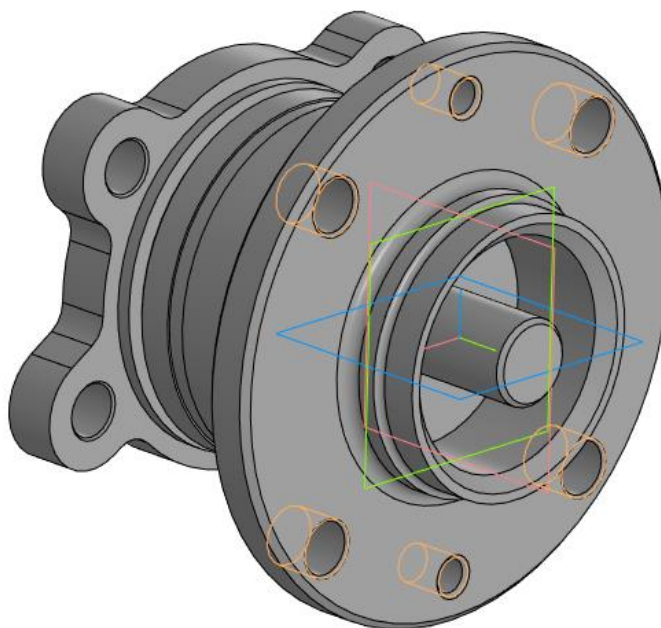


Рисунок 2 - Общий вид ступицы

Основные химические элементы, входящие в данный сплав - это хром, марганец, кремний, углерод, вольфрам и алюминий. Химические вещества указаны в порядке снижения их процентного содержания.

1.2 Классификация поверхностей

Для того, чтобы систематизировать технические требования на поверхности деталей, на рисунке 3 показаны обозначения всех элементов

ступицы. Эскиз ступицы с обозначением поверхностей представлен на рисунке 3.

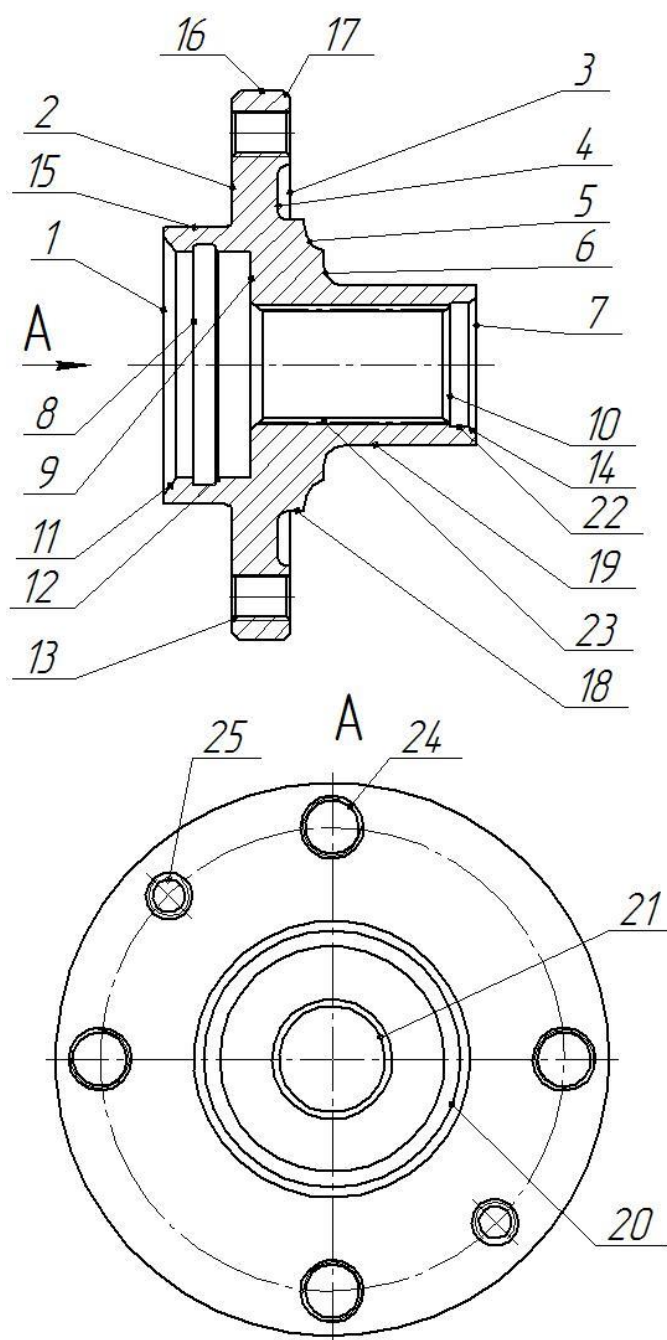


Рисунок 3 – Эскиз ступицы

С точки зрения назначения, исполнительными поверхностями являются крепежные отверстия, расположенные во фланце, шлицевая поверхность, которая передает крутящий момент. Основной конструкторской базой

данной детали является цилиндрическая шейка под подшипник с прилегающим опорным торцом [20]. Все остальные контактные поверхности являются вспомогательными конструкторскими базами, а поверхности, которые не контактируют с другими деталями, являются свободными.

1.3 Анализ технологичности задней ступицы

С точки зрения технологичности деталь имеет фасонные поверхности [21].

Требования по точности относительно высокие, как для наружных цилиндрических, так и на внутренние поверхности. Внутренняя шлицевая поверхность требует специализированных методов обработки. Доступ к ней ограничен, так же как и для поверхностей внутреннего ступенчатого отверстия. Деталь относится к категории фланцев, для которых существуют типовые технологические процессы их изготовления.

Протяженность поверхностей не высокая, доступность инструментов и контрольно - измерительных средств обеспечивается.

Точность, указанную на чертеже, на заготовительном этапе получить невозможно. Поэтому все поверхности данной детали необходимо обрабатывать механически на металлорежущих станках.

С точки зрения установки, деталь можно закреплять с двух сторон, как по наружным, так и по внутренним поверхностям.

Обрабатываемость самого алюминиевого сплава средняя.

Выводы по разделу

В разделе выполнен анализ технических требований с учетом назначения каждой поверхности ступицы [14].

Проведен анализ технологичности по различным признакам, включая обрабатываемость, установку заготовки и конструкцию самой детали.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

В связи с объёмом выпуска N в количестве 5000 ступиц в год, учетом массы ступицы m около 1,6 кг, тип производства будет среднесерийный.

В соответствии с этим типом производства проектирование технологии должно выполняться упрощено по расчетам припуска и нормам времени. В связи с тем, что деталь является ответственной с точки зрения управления и безопасности движения автомобиля, а также тем, что проектирование технологии обрабатывается по программе серийного производства, выбор методов обработки и проектирования операции будем проводить расчётно аналитическим и табличным способами.

Проектирование технологии будем выполнять также в полном объёме, то есть с формированием маршрутных и операционных карт, карт эскизов и технологических наладок.

2.2 Анализ базовой технологии

Базовый технологический процесс изготовления ступицы состоит из следующих операций.

На первой заготовительной операции методом штамповки получается ступенчатый фланец без отверстия.

На следующей токарной операции, которая выполняется на шести шпиндельном полуавтомате с установкой в трех кулачковом самоцентрирующем патроне, производится черновое обтачивание наружных поверхностей, включая торец. На этой же операции проводится сверление отверстия с последующим растачиванием отверстия под герметизирующую крышку.

На следующей токарной операции, выполняемой на таком же станке, но с установкой в цанговом патроне, производится обработка ступицы с другой стороны с протачиванием шейки под подшипник и подрезкой соответствующих торцов. Последовательно проводится обработка отверстия зенкерованием и растачиванием под последующее протягивание шлицевой поверхности. Для этого также ещё обрабатываются канавки и фаски.

Протягивание выполняется на вертикально-протяжном станке. После этого в технологии применяется промежуточная мойка.

Далее опять на токарной операции, выполняемой на лобовом станке с трёх кулачковым патроном, начисто обрабатываются посадочные шейки под подшипник и прилегающей торец, а также растачиваются канавки на этом торце.

На следующей токарной операции, которая использует двух шпиндельный лобовой станок, установка заготовки в торцовом патроне. Обработка проводится с другой стороны с прилегающей торцевой поверхностью с фасками и канавками.

На агрегатной операции, для которой используется специальный агрегатный станок, производится обработка крепёжных отверстий. Последовательно выполняются сверление и нарезание резьбы метчиком. Обрабатываются два типа отверстий: под болты, а также под штифты для направления колёс.

На следующей шлифовальной операции с использованием клинового плунжерного патрона обрабатывается посадочное отверстие под подшипник с прилегающей торцевой поверхностью.

Финишными операциями являются мойка и контроль.

Данный технологический процесс реализуется в условиях массового производства с использованием специальных станков. Последовательность выполняемых переходов оставляем, как в базовом заводском процессе, но исполнение этих переходов изменяем, так как заменяем технологическое оборудование.

Будут отличаться параметры заготовки, так как невозможно получить её с той же точностью и припусками. Изменяется исходная заготовка штамповка в связи с увеличением припусков и допусков на размеры.

Технологическое оборудование будет использоваться с числовым программным управлением. Данный тип станков характерен для использования в условиях серийного производства и обеспечивает быструю переналадку на обработку других аналогичных деталей. При этом он обеспечивает высокую производительность за счёт возможности использования высокоскоростной обработки, а также обеспечивает высокую точность за счёт конструктивных особенностей металлорежущих станков данного типа.

В качестве возможных вариантов получения заготовки используем два способа. Первый способ заключается в штамповке заготовки на прессе. Второй способ получения заготовки заключается в прокате.

Использование для ступицы проката является нецелесообразным, так как очень большой объём материала необходимо удалить в виде напуска. Это приведёт к значительному расходу относительно дорогого материала, а также увеличит долю механической обработки с повышенным расходом инструмента. Но это необходимо проверить расчетом.

Конфигурация заготовок не одинаковая и масса этих заготовок тоже будет не равной.

С учетом массы исходной ступицы, которая равна 1,6 кг, принятого коэффициента использования материала равного 0,75, масса заготовки из штамповки составит 1,9 кг.

Для проката она будет равна массе цилиндра с размерами 170 мм диаметр и длиной.

Для проектирования штамповки необходимо проведён проектирование с определением допусков и припусков, а далее расчёт стоимости заготовок получаемых этими двумя способами.

2.3 Выбор и проектирование заготовки

При среднесерийном типе производства при годовом объеме выпуска 5000 деталей в год и массе 1,6 кг наиболее подходящими способами получения заготовки являются или прокат или горячая штамповка. Для выбора подходящего способа получения заготовки необходимо выполнить сравнение технологической себестоимости. Получения заготовки ступицы, как было сказано выше, возможно или из пруткового проката или штамповкой. Для выбора конкретного метода получения проведем сравнение технологической себестоимости с учетом затрат на получение самой заготовки и на стоимость дополнительной механической обработки.

Формула, для определения технологической себестоимости заготовки с учётом затрат на обработку [13]

$$C_{T_i} = \frac{g}{K_{M_i}} \cdot [C_{заг_i} + (C_{мех} - C_{отх}) \cdot (1 - K_{M_i})], \quad (1)$$

где g – масса детали, кг;

K_{M_i} – коэффициент использования материала для рассматриваемого i -того выбранного способа получения исходной заготовки;

$C_{заг_i}$ – стоимость заготовки, руб/кг;

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

$C_{отх}$ – стоимость отходов, руб/кг.

Затраты на обработку

$$C_{мех} = C_C + E_M \cdot C_K, \quad (2)$$

где C_C – текущая стоимость обработки, руб/кг;

C_K – капитальная стоимость обработки, руб/кг;

E_M – стандартный параметр отдачи капитальных вложений.

Примем для расчета: $C_C=0,468$ руб/кг, $C_K=1,039$ руб/кг, $E_H= 0,15$. Для общего машиностроения

$$C_{\text{мех}} = 0,468 + 1,039 \cdot 0,15 \approx 0,624 \text{ руб/кг.}$$

Для $C_{\text{отх}}$ отходов примем $0,0298$ руб/кг.

«Стоимость штамповки

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\Pi}, \quad (3)$$

где $C_{\text{шт}}$ – справочная стоимость базового способа штамповки, руб/кг;

h_T – коэффициент, учитывающий точность заготовки;

h_C – коэффициент, учитывающий сложность заготовки;

h_B – коэффициент, учитывающий массу заготовки;

h_M – коэффициент, учитывающий материал заготовки;

h_{Π} – коэффициент, учитывающий группу серийности» [13].

Примем $C_{\text{шт}}$ равным $54,68$ руб/кг. Для штамповки на прессе коэффициенты будут: h_T равен 1 для Т4 (по методике второй класс); h_C равен 1,1 для С2 (первая группа); h_B равен 1,11 для массы менее 3 кг; h_M равен 1,27 для сплава АЦ40ХГНМ; h_{Π} равен 1 для 5000 деталей.

Тогда себестоимость штамповки

$$C_{\text{заг}_1} = 54,68 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,11 \cdot 1,27 \cdot 1 = 84,8 \text{ руб/кг.}$$

Для проката соотношение массы заготовки и детали по коэффициенту использования материала будет менее 0,5. Это делает затраты на механическую обработку очень значительными. Общие размеры у проката равны

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{дет}} + 2 \cdot Z_{1,2}, \quad (4)$$

где $L_{\text{пр}}$ – длина проката, мм;

$L_{\text{дет}}$ – длина детали, мм.

$$L_{\text{пр}} = 67 + 4 = 71 \text{ мм.}$$

А диаметр равен

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{дет}} + 2 \cdot Z_3, \quad (5)$$

где $d_{\text{пр}}$ – диаметр проката, мм;

$d_{\text{дет}}$ – диаметр детали, мм.

Тогда

$d_{\text{пр}} = 117 + 5 = 122$ мм. Принимаем по ГОСТ 2590-88 стандартный размер $d_{\text{пр}}$ равным 125 мм.

Масса детали: 1,6 кг. Масса заготовки из проката: 2,8 кг.

Коэффициент использования материала прокат по формуле (5):

$$K_{\text{им}} = \frac{1,6}{2,8} = 0,57.$$

Для штамповки

$$K_{\text{им}} = \frac{1,6}{1,9} = 0,84.$$

Если рассчитать стоимость проката

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость килограмма проката, руб;

$h_{\text{ф}}$ – коэффициент формы.

Килограмма проката

$$C_{\text{заг}} = 47,62 \cdot 1 = 47,62 \text{ руб./кг.}$$

Общая стоимость проката

$$C_{\text{т}} = 2,8 \cdot [47,62 + (6,58 - 1,4) \cdot (1 - 0,57)] = 273 \text{ руб.}$$

Для штамповки

$$C_{\text{т}} = 1,9 \cdot [84,8 + (6,58 - 1,4) \cdot (1 - 0,85)] = 163 \text{ руб.}$$

В результате выполненного расчета по всем этапам технологического процесса оказалась ниже для штамповки.

Относительная выгода при выборе данного метода обработки не входит в общую технологическую себестоимость, рассчитываемой в последнем разделе. Припуски на размеры даны в таблице 1.

Таблица 1 – Припуски

Наименование	Размер, мм	Шероховатость, мкм	Припуск, мм
Диаметр	117	6,3	1,4
Диаметр	34	1,25	1,9
Длина	67	6,3	1,4
Длина	11	2,5	1,9

Для проектирования штамповки необходимо определить ряд начальных параметров. С учетом материала - группа стали М3.

Для соотношения объема детали и объема фигуры, описанной около ступицы, степень сложности для коэффициент больше 0,32, но меньше 0,64 - С2. Для штамповки в открытых штампах на гидравлическом прессе класс точности Т4. При массе заготовки в диапазоне от 1 до 3 кг и для данной группы материала М3, сложности С2 и точности Т4 - исходный индекс 12 [5].

Для данного индекса 12 назначаем припуски с учетом конечного качества поверхности, указанного на чертеже. Для свободных поверхностей он равен 1,4 мм. Для точной поверхности данный припуск будет равен 1,9 мм. Отверстие в заготовке отсутствует. В результате получается трех ступенчатая заготовка со смещением штампа 0,7 мм. Допуски на размеры определяются с учетом 12 исходного индекса в размере 2,2 мм. Отклонения равно верхнее -1,4 мм, нижнее - 0,8 мм.

2.4 Выбор методов обработки

Основные требования по поверхностям следующие. С точки зрения точности размеров самыми точными являются шлицевое отверстие по

седьмому качеству. По шероховатости требования на уровне 1,25 мкм. Кроме этого есть технические требования по расположению. Это радиальное и торцовое биения от 0,03 до 0,1 мм. На резьбовые отверстия - позиционный допуск на уровне 0,25 мм.

Для обработки поверхностей детали ступицы используем следующие переходы [6].

Для обработки наружной цилиндрической поверхности и прилегающих торцов, применим точение: черновое и чистовое. Для обработки базовых шеек и торцов, прилегающих к ним, под подшипник и под дисковый тормоз, используем дополнительно отделочные шлифовальные переходы.

Для обработки ступенчатого отверстия в сплошной заготовке необходимо использовать сверление для формирования исходного отверстия. Далее производим черновое растачивание выточек с двух сторон. После этого идет чистовое растачивание по контуру с формирования канавок.

Финишным переходом по обработке центрального отверстия является переход профильного протягивания эвольвентных шлицов. Используем для этого соответствующую протяжку.

Для обработки крепежных отверстий с резьбой во фланце используем один и тот же набор технологических переходов. Первый - сверление, второй - зенкование, третий - нарезания резьбы метчиком. Два разных отверстия отличаются только размерами режущего инструмента.

2.5 Расчет припусков на обработку

Самой точной поверхностью ступицы является посадочная шейка под подшипник диаметром 34 мм. Оно имеет качество $k7$ по техническим требованиям и шероховатость поверхности Ra 1,25 мкм.

Технологические переходы по обработке данной поверхности указаны в пункте 2.3 и сведены в таблицу 2 [14].

Для расчёта припуска необходимо назначить исходные данные, которые относятся к обрабатываемой поверхности по переходам. Это шероховатость по параметру Rz и глубина дефектного слоя. Кроме этого, в минимальный припуск входит пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, которое постепенно уменьшается по переходам и рассчитывается через коэффициент уточнения. Также необходимо предусмотреть погрешность установки на непосредственно переходе.

В таблице 2 все необходимые данные из [5] показаны.

Таблица 2 – Элементы припуска на отверстие

Переход	Элемент припуска, мм			
	Дефектный слой	Шероховатость	Отклонения	Погрешность установки
Штамповка	0,15	0,1	500	-
Точение черновое	0,03	0,025	0,03	0,08
Точение чистовое	0,01	0,01	0,025	0,04
Шлифование	0,05	0,005	0,002	0,005

Пространственное отклонение включает в себя только погрешность смещения $\rho_{см}$ и коробления $\rho_{кор}$. Суммарно пространственное отклонение в силу случайного характера рассчитывается по формуле [14]:

$$\rho_z = \sqrt{(\rho_{см})^2 + (\rho_{кор})^2}, \quad (7)$$

где $\rho_{ув}$ – смещение штампа, мкм;

$\rho_{кор}$ – погрешность коробления, мм.

Коробление определяется с учётом удельной величины при штамповке Δ_k и общей длины заготовки l , которая в данном случае равняется 70 мм

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot l. \quad (8)$$

Тогда по расчету

$$\rho_{\text{ув}} = 0,1 \cdot 35 = 3,5 \text{ мкм.}$$

С учетом смещения штампа $\rho_{\text{см}}$ которое равно 0,7 мм, общее отклонение

$$\rho_z = \sqrt{(0,0035)^2 + (0,7)^2} = 0,7 \text{ мм.}$$

Для учёта изменения пространственного отклонения необходимо учесть коэффициент уточнения для первого черного точения. Он составит 0,06

$$\rho_{\text{ост}} = 0,06 \cdot 0,7 = 0,03 \text{ мм.}$$

С учётом дальнейшей обработки, величина остаточного пространственного отклонения приведена в таблице 2.

Общая формула для расчёта минимального припуска является стандартной и для цилиндрической поверхности будет равна:

$$2Z_{\text{imin}} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (9)$$

где итоговый расчет дается в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные припуски

Переход	Допуск, мм	Размер, мм		Припуск, мм	
		минимальный	максимальный	минимальный	максимальный
Штамповка	2,2			-	-
Точение черновое	0,3				
Точение чистовое	0,08				
Шлифование	0,025	30,002	30,025		

Исходной заготовкой у нас является штамповка.

Допуск на ее размеры равен 2,2 мм. Чертеж представлен на листе.

2.6 Разработка технологического маршрута и схем базирования

При разработке технологического маршрута необходимо ориентироваться на серийный тип производства. Поэтому технологические операции будут проектироваться с учетом принципа концентрации технологических переходов. Такой подход можно реализовать с использованием многоцелевых станков [12].

Автоматизированные станки с ЧПУ за счёт разнообразных режущих инструментов, возможности обеспечить их перемещения по сложным траекториям, повышенным конструктивным особенностям станков по жёсткости, виброустойчивости, минимальному влиянию температурных деформаций технологической системы, обеспечивают высокопроизводительную обработку с максимальной точностью и качеством обработанной поверхности. Это также даёт возможность быстро произвести переналадку оборудования для реализации технологических операций [8].

С учётом технических требований чертежа рассмотрим отдельные поверхности ступицы и сгруппируем их по форме.

Есть плоские торцовые поверхности, для которых возможно применение токарных переходов по подрезке. Технические требования по размерам и шероховатости высокие, что требует дополнительной шлифовки.

Центральное отверстие ступенчатой формы с эвольвентными шлицами с точностью по 7 качеству. Эту поверхность можно обрабатывать протягиванием. Кроме этого данное отверстие имеет ступенчатые проточки по обоим концам. Это требует черного и чистового растачивания.

Кроме этого, есть группа крепёжных отверстий, расположенных во фланце. Крепёжные отверстия обрабатываются по стандартной технологии со сверлением и последующим зенкованием, которое возможно заменить на рассверливание для формирования заходной фаски с последующим резбонарезанием [25] или обработкой ступенчатым сверлом.

Технология спроектирована на основе базовой, которая сведена в таблицу 4.

Таблица 4 –Технологический маршрут

№ операции	Операция	Переход	Квалитет	Ra, мкм
000	Заготовительная	Штамповка	15	20
005	Токарная	Установ А Точение черновое Сверление Установ Б Точение черновое Растачивание черновое Растачивание чистовое Точение чистовое Точение канавки Установ В Точение чистовое Растачивание чистовое Сверление Зенкование Нарезание резьбы Сверление Зенкование Нарезание резьбы	12 11 12 11 9 9 9 9 9 10 10 8 10 10 8	6,3 3,2 6,3 6,3 3,2 3,2 3,2 3,2 3,2 3,2 2,5 2,5 3,2 2,5 2,5
010	Протяжная	Протягивание	7	1,25
015	Термообработка (закалка)	-	-	-
020	Торцекруглошлифовальная	Установ А Шлифование шейки и торца Установ Б Шлифование шейки и торца	7 7	1,25 1,25
025	Моечная	-	-	-
030	Контрольная	-	-	-

На последних операциях выполняются стандартные действия по очистке заготовки от грязи и от технологических сред, а на контрольной

операции производится комплексный контроль основных, наиболее ответственных параметров, указанных на чертеже.

2.7 Выбор баз, обоснование схем базирования

Для установки заготовки на операциях технологического процесса используем типовую схему для деталей типа диск [19].

Для этой схемы характерно использование установочной базы за счет упора базового торца ступицы в торцы зажимных кулачков. Центрирование может происходить как по наружной, так и по внутренней поверхности.

В результате будет соблюдаться принцип постоянства баз на разных станках. Будем использовать одни и те же комплекты технологических баз.

В конструкторском разделе, для реализации предложенной схемы базирования спроектировано наладочное приспособление в виде трех кулачкового самоцентрирующегося патрона.

2.8 Выбор средств технологического оснащения

Станок - токарный центр НТ250Ф3.

Приспособление: зажимной трех кулачковый патрон.

Точение черновое многофункциональным инструментом - резцом С6-Т-А11В11L-130 9. Материал пластины аналог Т15К6 [1].

Для чистовой обработки используем аналогичный инструмент только с заменой материала режущей пластины для соответствующих режимов резания - чистовых технологических переходов.

Для обработки отверстия используется сборное сверло со сменной режущей частью (раздел 3). Аналог инструмента сверло CoroDrill с номером 870-1900-19L25-5 Пластина 870-1900-19-PM 4334. Корпус с цилиндрическим хвостовиком с параметрами по ISO9766 [16].

Расточной черновой резец: борштанга с пластиной T5K6 A16R-PCLNL 09_201188392.

Расточной чистовой резец: борштанга с пластиной T15K6 A16R-PCLNL 09_201188392.

Для обработки отверстий во фланце используются ступенчатые сверла. Это позволяет убрать один технологический переход по рассверливанию или зенкованию для получения заходной фаски.

Сверла ступенчатые 460.2-0870-026A1-ХМ GC34 и 460.2-1025-031A1-ХМ GC34 для диаметром 8,5 и 10 мм соответственно.

Для обработки резьбы используется машинные метчики двух типоразмеров. Метчик 2629-0055 ГОСТ 17927-72 для М10 и 2629-0075 для М12.

Инструмент для измерения используется универсальный с абсолютной системой отсчёта типа штангенциркуля и микрометра [17]. Указаны в приложении А.

2.9 Проектирование операций

Проектирование технологической операции проводим для токарной обработки на многофункциональном токарно-фрезерном центре НТ250Ф3 [26]. Этот станок относится к новому поколению металлорежущего оборудования. Компоновка его является модульной, формируется по требованиям заказчика или исходя из технологической необходимости. В данном случае использование заднего центра необязательно, поэтому возможно дополнительное размещение резцовой головки. Резцедержатель или револьверная головка данного станка имеет несколько различных установочных позиций. Отдельные позиции могут использоваться для установки неподвижного инструмента, например, токарных резцов или расточных борштанг. Возможно использование вращающегося инструмента, установленного в приводных позициях. При использовании адаптеров

возможен подвод смазочно-охлаждающих средств через внутреннее отверстие в режущем инструменте.

Для обработки заготовки возможно использование двух патронной компоновки станка. Одна позиция, традиционная, располагается слева, а справа - в шпинделе вместо заднего поджимного центра используется второй подвижный самоцентрирующий патрон. Шпиндель с закрепленным патроном имеет возможность выдвигаться, перехватывает заготовку для того, чтобы проводить обработку с другой стороны. Установленная на данном станке заготовка обрабатывается без ее переворота, путём перехвата в двух патронах последовательно.

Операция токарная 005 включает в себя три установа.

На установе А производится обтачивание по контуру заготовки ступицы штамповки, а также сверление центрального отверстия с припуском под растачивание.

На установе Б, с другой стороны, производится черновое обтачивание по контуру, с последующим чистовым обтачиванием по контуру и растачиванием ступенчатого отверстия с чистовым проходом по центральному отверстию. На этом же установе производится обработка канавки для стопорного кольца под подшипник.

На следующем установе В производится чистовое обтачивание по контуру, растачивание ступенчатого отверстия с формированием внутренних канавок. После этого, при фиксированной заготовке, проводится обработка последовательно двух групп резьбовых отверстий различного диаметра. Последовательность обработки одинаковая: сверление под резьбу с рассверливанием для формирования заходной фаски и нарезание резьбы машинным метчиком. Меняется только типоразмер используемого инструмента.

Проектирование операции производилось при помощи автоматизированных систем расчёта технологических режимов. Расчёт скорости резания в данном случае производится не аналитический, а

назначается табличный с учётом материала заготовки, инструмента и типа обработки.

Остальные расчётные формулы приведены ниже для расчёта частоты вращения заготовки или инструмента, а также для определения минутной подачи и силовых параметров процесса резания.

Ниже приведены типовые расчётные формулы для определения режимов обработки.

Подача с учетом прочности инструмента принимается $S=0,3$ мм/об [10].

Скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \cdot K, \quad (10)$$

где C_v - основной коэффициент;

T –экономическая стойкость для серийного производства, мин;

t – расчетный припуск, мм;

m, x, y - уточняющие показатели степени;

K_v - поправочный коэффициент для точения.

Поправочный коэффициент [21]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (11)$$

где K_{mv} - коэффициент для материала заготовки АЦ40ХГНМ;

K_{pv} - коэффициент обработанной поверхности заготовки;

K_{iv} – коэффициент материала инструмента (твердый сплав).

Коэффициент по поверхности K_{pv} примем 0,8 -, для твердого сплава K_{iv} равен 1.

Для материала с пределом прочности σ_b равным 980 МПа

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (12)$$

где n_v - показатель степени при обработке материала резцом из твердого сплава ($n_v = 1$).

Определяем обороты шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (13)$$

где V – расчетная скорость, м/мин;

D - диаметр отверстия, мм.

Частоту не корректируем, так как станок с бесступенчатым регулированием.

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n. \quad (14)$$

Тангенциальная сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (15)$$

где C_p - базовый коэффициент;

x, y, n – показатели степени;

K_p - поправочный коэффициент:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (16)$$

где K_{mp} - поправочный коэффициент на качество материала;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания.

Поправочный коэффициент на сталь

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n. \quad (17)$$

где n – показатель степени прием равным 0,75.

Мощность резания:

$$N = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (18)$$

Полученные режимы в таблице 5 показаны по переходам операции 005.

Таблица 5- Сводная таблица режимов переходов на токарной операции

Переход	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Подача, мм/мин	Скорость резания, м/мин	Обороты, об/мин	Момент, Нм	Мощность, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Точение черновое по шейке по торцу	1,5	0,592	964	179	1630	42,3	7,2
Сверление	10	0,346	1220	210	3520	12,5	4,7
Установ Б							
Точение черновое по шейке по торцу	1,5	0,592	900	179	1630	42,3	7,2
Растачивание черновое	0,5	0,27	454	179	1680	7,5	1,3
Растачивание чистовое	0,5	0,461	853	198	1850	12	2,3
Точение чистовое	0,5	0,25	1000	478	4000	12,8	4,7
Установ В							
Точение чистовое	0,5	0,25	1000	478	4000	12,8	4,7
Растачивание чистовое	0,5	0,461	853	198	1850	12	2,3
Сверление под М10	4,25	0,26	848	87,1	3260	7,4	2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Нарезание резьбы М10	1,5	1,5	2670	56	1780	14,9	2,8
Сверление под М12	5	0,33	915	87,1	2770	11,7	3,4
Нарезание резьбы М12	1,5	1,5	2535	63,7	1690	20,4	3,6

Проверка мощности станка по условию нагрузки:

$$N_e \leq N_{\text{Э,ДВ}} \cdot \eta, \quad (19)$$

где $N_{\text{Э,ДВ}}$ - мощность станка, кВт ;

η – коэффициент полезного действия привода, который равен 0,9.

В данной технологии также выполняются другие операции, параметры которых сведены в маршрутную и операционную карту в приложении А.

2.10 Расчет норм времени на токарную операцию

Для нормирования технологического процесса необходимо определить штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции. Для условий среднесерийного производства определяется точное время выполнения операций с расчётом четырех отдельных составляющих штучного времени.

Это основное время непосредственной обработки заготовки. Время вспомогательное, связанное с выполнением вспомогательных технологических переходов различного назначения. Время, затраченное на обслуживание станка двух типов - организационное и техническое. А также потери, связанные с затратами на отдых и перерывы в работе [11].

«Штучное время [13]:

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{об} + T_{от}, \quad (20)$$

где T_o – основное время;

T_B – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности», [13].

Основное время:

$$T_o = \frac{(l_1 + l_p + l_2) \cdot i}{S_{мин}}, \quad (21)$$

где l_1 - длина подвода инструмента к заготовке, мм;

l_p - длина резания, мм;

l_2 - длина перебега режущего инструмента, мм;

i - число проходов (в таблице 10);

$S_{мин}$ - минутная подача.

Вспомогательное время складывается из времени на установку и снятие ступицы в приспособлении, управление станком, на операционный контроль. Все данные берутся из соответствующего стандарта для массового производства [11].

Данные по основному времени и элементам вспомогательного приведены в таблице 6.

Для приведения его к серийному используется поправочный коэффициент $K_{ср}$:

$$T_B = (T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}) \cdot K_{ср}, \quad (22)$$

где $T_{у.с.}$ - время базирования и снятие корпуса;

$T_{з.о.}$ - время фиксации и раскрепления вала;

$T_{уп}$ - время на управление;

$T_{из}$ - время измерения, мин;

$K_{ср}$ - коэффициент для серийного производства, который принимаем равным 1,85.

Таблица 6 - Основное время по переходам

Переход	Основное время, мин	Подвод - отвод, мин	Управление, мин
Точение черновое по шейке по торцу	0,32	0,01	0,01
Сверление	0,06	0,01	0,01
Растачивание черновое	0,37	0,01	0,01
Растачивание чистовое	0,08	0,01	0,01
Точение чистовое	0,31	0,01	0,01
Сверление под М10	0,04	0,01	0,01
Нарезание резьбы М10	0,01	0,01	0,01
Сверление под М12	0,07	0,01	0,01
Нарезание резьбы М12	0,02	0,01	0,01

Всего по основным переходам 0,91 мин. По холостым ходам – 0,09 мин. Тоже самое по управлению 0,09 мин. Необходимо учесть время на установку и закрепление ступицы в патроне равное 0,16 мин, раскрепление и снятия 0,04 мин. Время на операционный контроль который сводится к определению размеров отверстия наружный цилиндрический поверхности с двух сторон, а также проверку точности выполнения резьбовых отверстий. На эти контрольные переходы отводится 0,48 мин.

$$T_B = (0,09 + 0,009 + 0,2 + 0,48) \cdot 1,85 = 1,6 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_B + T_o. \quad (23)$$

$$T_{оп} = 0,91 + 1,6 = 2,51 \text{ мин.}$$

Время на обслуживания:

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (24)$$

где a – параметр загрузки станка в серийном производстве.

Для токарного станка

$$T_{об} = 2,51 \cdot \frac{6}{100} = 0,15 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (25)$$

где b – процент для зажимного винта массой не более 10 кг.

$$T_{от} = 2,51 \cdot \frac{5}{100} = 0,13 \text{ мин.}$$

Суммарно учитываем затраты на остальные переходы, время которых в таблице 11.

С учетом всех переходов и пересчитанного дополнительного времени

$$T_{шт} = 2,51 + 0,28 = 2,79 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}. \quad (26)$$

где n – партия запуска (118 ступицы).

Тогда итоговая норма времени на 005 операцию

$$T_{шт-к} = \frac{20}{118} + 2,79 = 3 \text{ мин.}$$

Время выполнения основных переходов на токарной операции показаны в операционной карте в приложении А.

Выводы по разделу

В разделе спроектирована технология для среднесерийного производства по изготовлению ступицы. Выбраны методы обработки. Спроектирована технологическая токарная операция по обработке ступицы.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование приспособления

Проектирование зажимного приспособления начинается со сбора исходных данных, к которым относятся параметры материала заготовки, вид обработки, особенности режущего инструмента, а также режимы обработки. Данные параметры были приняты или рассчитаны в разделе 2 Вид и материал заготовки – штамповка из АЦ40ХГНМ.

Операция выполняется, включая различные технологические переходы - точение черновое и чистовое, растачивание, нарезание резьбы и сверление. Расчёт необходимо вести для чернового растачивания и сверления, так как при этом снимается максимальный припуск, и возникают наибольшие силы резания, которые стремятся сместить заготовку [22].

Для обработки точением используются контурный токарный резец сборный. Материал режущей пластины Т15К6 [26]. Сверло сборное Т15К6 диаметром 20 мм.

В разделе 2 проведен расчет для точения. Момент резания равен 42 Н·м, для сверления 12,8 Н·м при осевой силе 1060 Н. Для зажима применим специализированное наладочное приспособление – самоцентрирующий патрон для скоростной обработки. Момент резания больше для точения, поэтому расчет выполним только для него.

Операционный эскиз показан на рисунке 4.

Схема действия сил резания и закрепления приведена на рисунке 5.

Опрокидыванию заготовки будет препятствовать сила закрепления. Соответственно, для нахождения зажимной силы необходимо составить уравнения статического равновесия.

Из данного уравнения выведем силу зажима, необходимую для предотвращения опрокидывания заготовки с учётом коэффициента безопасности.

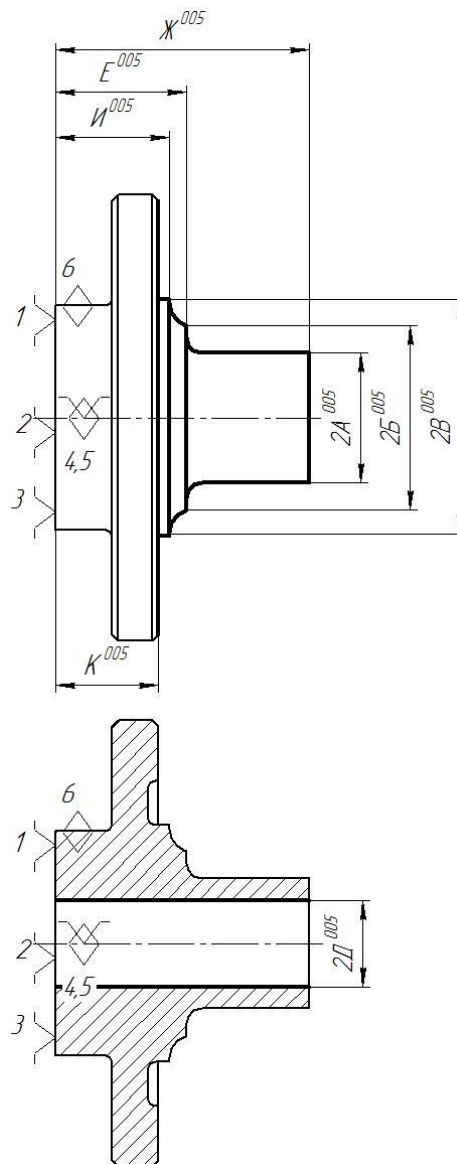


Рисунок 4 -Схема базирования при точении и сверлении

При обработке перепад диаметров у ступицы значительный (около 40 мм на сторону). При обработке крайнего конца с маленьким диаметром плечо действия радиальной силы резания будет максимальным (65 мм). При подрезке фланца действие тангенциальной силы резания будет на максимальном диаметре заготовки (120 мм), но плечо действия радиальной силы резания будет минимальным (23 мм) [23].

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot (P_z \cdot d_1/2 + P_y \cdot L)}{f \cdot d_3/2}, \quad (27)$$

- где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;
 P_y – радиальная составляющая силы резания, Н;
 d_1 – плечо действия сил тангенциальной, м;
 L – плечо действия радиальной силы, м;
 f – коэффициент трения на рабочей поверхности прихвата;
 k – коэффициент запаса;
 d_3 – плечо действия сил тангенциальной и радиальной, м.

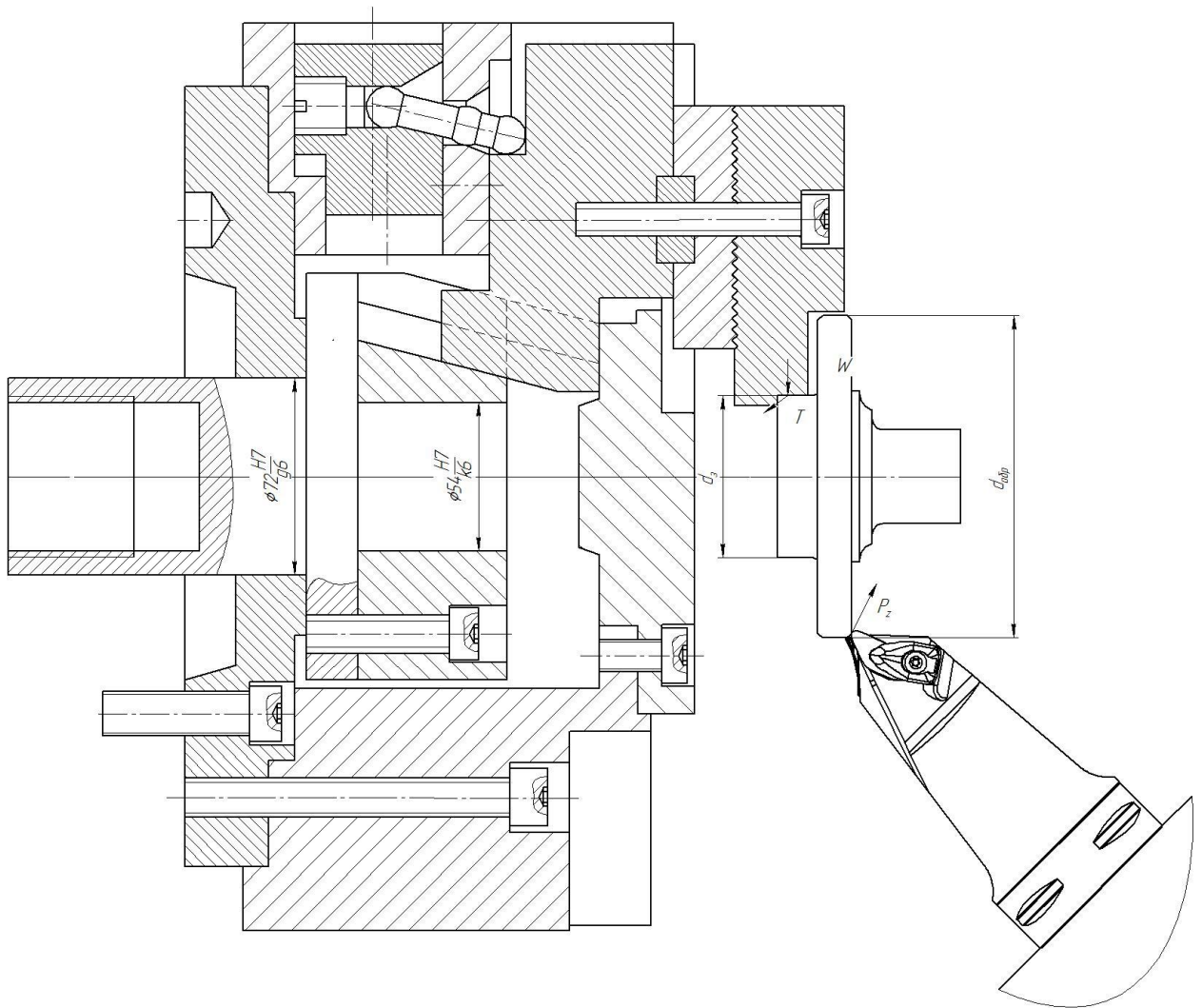


Рисунок 5 -Схема сил резания и зажима

Коэффициент запаса k :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (28)$$

где k_0 – минимальный коэффициент безопасности, $k_0 = 1,5$;

k_1 – параметр, учитывающий случайности сил резания для черновой обработки. Он возникает из-за неровностей обрабатываемой поверхности, k_1 равен 1;

k_2 – параметр учитывает износ инструмента, k_2 равен 1,1;

k_3 – параметр, учитывающий прерывистое резание. В данном случае у нас непрерывное резание и $k_3 = 1$;

k_4 – параметр учитывающий механизацию зажима и в данном случае $k_4=1$;

k_5 – параметр, учитывающий эргономику ручного привода зажима. В данном случае он отсутствует $k_5 = 1$;

k_6 – коэффициент, который не учитываем, так как заготовка не опирается на плоские штыри.

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 1,65.$$

Округляем до минимально стандартного – 2,5.

Принимая с учетом того, что установочная поверхность механически не обработана и имеет грубую структуру, коэффициент трения f примем равным 0,3. Тангенциальная и радиальные силы находятся из момента резания с учетом скорости резания

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot (2462 \cdot 20 + 1723 \cdot 65)}{0,3 \cdot 30} = 44788 \text{ Н}.$$

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot (2462 \cdot 60 + 1723 \cdot 23)}{0,3 \cdot 20} = 52041 \text{ Н}.$$

Для дальнейших расчетов принимаем $W = 52041 \text{ Н}$.

Так как кулачки перемещаются в направляющих пазах корпуса, в которых они скользят по Т-образным пазам, возникают изгибающие

моменты, приводящие к затиранию этих направляющих. Необходимо учесть потери части нагрузки, которая возникает при действии давления рабочей среды [24].

Увеличенная сила зажима W_1 :

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (29)$$

где l_1 – вылет кулачка от оси направляющей до места приложения силы закрепления, м;

H_k – длина трения, м;

f_1 - коэффициент трения в направляющей, принимаем $f_1=0,1$.

Параметры примем конструктивно.

$$W_1 = \frac{52041}{1 - \left(\frac{85}{120} \cdot 0,1 \right)} = 55958 \text{ Н.}$$

В данном случае усилие на штоке Q не равняется усилию на кулачке, так как используется передаточный клиновой зажимной механизм, приводящий к его усилению.

С учетом угла клина в 15 градусов получаем по [19] силовое передаточное отношение равное 2,1. Тогда сила на штоке будет в 2,1 раз меньше, то есть 26647 Н.

Для расчёта силового привода необходимо найти диаметр поршня, который будет создавать усилие зажима. Этот диаметр зависит от давления рабочей среды, а также потерь в системе

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\eta P}}, \quad (30)$$

где P – избыточное давление рабочей среды.

Примем первоначально $P = 5$ МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{26647}{5}} = 82 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 100$ мм.

Погрешность закрепления и установки в данном приспособлении определяется неточностью изготовления клиновой пары и зазорами в сопряжениях направляющих элементов [27].

В данном случае общая погрешность складывается из следующих составляющих. Погрешность размера клина, сменного кулачка. Также зазор в сопряжении клина и постоянного кулачка.

Погрешность установки детали в приспособлении равна:

$$\varepsilon_y = \sqrt{S_{MIN}^2 + TL_n^2 + Tl_{II}^2}, \quad (31)$$

где S_{MAX} , S_{MIN} – зазор максимальный и минимальный, мм;

TL_{II} – допуск на паз, мм;

Tl_{II} – допуск на размер направляющей клина, мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,01^2 + 0,016^2 + 0,016^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

Для того чтобы реализовать высокоскоростную обработку точением необходимо использовать соответствующую зажимное приспособление. В данном случае, это трех кулачковый самоцентрирующий патрон с дополнительным конструктивным элементом, который противодействует центробежной силе при быстром вращении шпинделя [29].

Приспособление состоит из корпуса 1. Внутри корпуса изготовлены направляющие отверстия и три радиальных паза Т-образных по форме, по которым перемещаются постоянные кулачки 4. На постоянные кулачки 4 через базирующую шпонку 19 устанавливается промежуточная пластина 3. На эту пластину по рифленной поверхности на заданный размер устанавливается сменный кулачок 2. Он закрепляется на промежуточной пластине 3 при помощи фиксирующего винта 13. Нижняя часть постоянных

кулачков 4 закрепляется в направляющих пазах центральной втулки 6, которая фиксируется на шейке тяги 8.

Тяга 8 имеет внутреннее резьбовое отверстие, которое используется для вкручивания штока из привода гидравлического зажима. На левой стороне корпуса патрона 1 при помощи винта 15 закрепляется базирующая планшайба 7. Предварительно она закрепляется на шпинделе при помощи винтов 16. В радиальных отверстиях корпуса патрона параллельно Т-образным направляющим под постоянные кулачки 4, расположены противовесы 9. В их радиальных отверстиях установлены профильные рычаги 11, положение которых регулируется при помощи винтов 10. При сборке профильные рычаги 11 вставляются в отверстия таким образом, чтобы одна часть опиралась в уступ постоянного кулачка 4, а вторая часть выходила в отверстие противовеса 9. Центр патрона закрывается крышкой 5, которая винтами 12 фиксируется на корпусе 1.

Патрон работает следующим образом. Ступица вставляется в кулачки патрона 2 до упора базовой поверхности в торец кулачка. Далее включается привод зажима. Шток привода зажима тянет тягу 8 влево. За счёт движения втулки 6 кулачки 4 смещаются к центру патрона. Происходит закрепление заготовки. При вращении шпинделя станка вместе с приспособлением центробежные силы стремятся разжать кулачки патрона, снизив необходимую силу закрепления. На спроектированной технологической операции частота вращения заготовки достигает 4000 оборотов в минуту. Для того, чтобы противодействовать этому, в конструкции патрона используется противовес 9. Так как он тоже испытывает центробежные нагрузки, он перемещается от центра патрона. За счёт движения противовеса 9 в отверстии профильный рычаг 11 поворачивается по часовой стрелке, оказывая нажимное действие на уступ постоянного кулачка 4. Этот нажим противодействует центробежной силе, действующей на зажимные кулачки, стабилизируя силу зажима.

Раскрепление заготовки происходит в обратном порядке. Давление в приводе зажима подаётся в левую полость, что толкает тягу 8 вправо и постоянные кулачки 4, скользя по Т-образным пазам центральной втулки 6, смещаются от центра патрона. Происходит раскрепление заготовки.

3.2 Расчёт и проектирование сверла

Для обработки центрального отверстия в сплошной заготовке штамповке необходимо использовать метод сверления. Использование традиционного спирального сверла из быстрорежущей сплава Р6М5 будет давать при соответствующих режимах, следующие параметры обработки [25]. Глубина резания равна 10 мм, подача на оборот равна 0,2 мм, рекомендуемая скорость резания равняется 37 м/мин. Для заданного диаметра в 20 мм это составит 590 оборотов в минуту шпинделя. С учётом выбранной подачи минутная подача составит 118 мм\мин. На длине обрабатываемой заготовки в 70 мм это составит 0,6 мин основного времени [16].

Для обработки центрального отверстия в данной технологии предлагается использовать сборное сверло с составной режущей частью из твёрдого сплава Т15К6 (рисунок 6) [28].

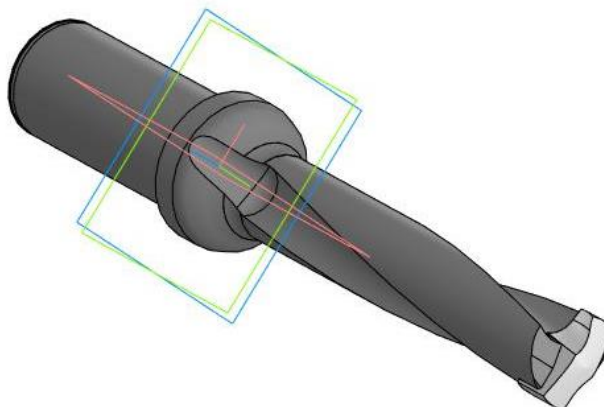


Рисунок 6 – Эскиз сборного сверла

Корпус сверла имеет стружкотводящие канавки [1]. В результате использования конструкции такого инструмента повышенной жесткости и демпфирования обеспечивается высокопроизводительная обработка, которая позволяет на порядок уменьшить основное время.

При этом стойкость самого режущего инструмента составляет 70 минут.

Переналадка такого инструмента может производиться путём его полной замены. Производится перестановка режущей части, после максимального количества переточек, за счет возможности извлекаться из корпуса и закрепляться на корпусе данного сверла.

Нагрузка при этом, которая возникает при сверлении, составляет для осевой силы 1060 Н. С учётом крутящего момента 12,8 Н·м тангенциальная сила составляет на инструменте 1280 Н.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование технологического оснащения для проведения обработки ступицы на токарной операции, включая сверление центрального отверстия. Применяемый режущий инструмент – сверло, обеспечивает высокую точность, снижает расходы на инструмент.

Приспособление обеспечивает фиксацию заготовки на операции при установке в регулируемые сменные кулачки при высокой частоте вращения заготовки.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача – разработка мер по безопасности труда для спроектированной технологии изготовления передней ступицы Лады Гранты.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Технология изготовления предложенной конструкции передней ступицы включает следующие операции: заготовительная (штамповка), токарная, протяжная, термическая, торцекруглошлифовальная, моечная и контрольная. Лимитирующей операцией является токарная, которая используется для обработки, как наружной, так и внутренней поверхности передней ступицы с обработкой фланцевых резьбовых отверстий.

Используется при этом токарный центр НТ250Ф3 с установкой в самоцентрирующий зажимной патрон. Режущий инструмент используется токарный упорный резец для черновой и чистовой обработки, сборное сверло, расточные резцы для черновой и чистовой обработки, ступенчатое сверло и машинный метчик. Обработка ведется с использованием смазочно-охлаждающей жидкости - эмульсола. Для протяжной операции используется горизонтально-фрезерный станок со шлицевой протяжкой. На торцекруглошлифовальной операции установка ведётся в цанговом патроне с использованием абразивного круга заточного профиля. Для термической операции используется печь с индуктивным нагревом.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

К опасным и вредным производственным факторам в технологии изготовления передней ступицы в зависимости от выполняемой операции относятся следующие производственные риски. На лезвийных и абразивной операциях это будут факторы, связанные с высоким уровнем температуры

заготовки и инструмента. На черновой токарной обработке, а также на шлифовальной операции будет загрязнение воздушной среды в зоне резания вследствие запылённости из-за мелких частиц, удаляемых при обработке, а также связанных с испарением СОЖ. Так как обработка проводится на технологическом оборудовании, будут факторы, связанные с воздействием электрического тока и электромагнитных полей. Процесс обработки происходит при высоких оборотах заготовки, что будет вызывать повышенный шум и вибрации. Режущий лезвийный инструмент, стружка, а также острые кромки заготовки могут привести к травмам. Операционный контроль связан с перенапряжением анализаторов. Выполнение вспомогательных технологических переходов для повторяющихся заготовок сопровождается психофизиологическим воздействием. Источниками данных факторов являются как сам станок, так и процесс резания и оснащение.

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

Для снижения указанных рисков при работе на технологическом оборудовании применяются средства индивидуальной защиты в виде специальной одежды, обуви, перчаток, а также защитных очков.

На самом оборудовании применяется защитная экранировка с местной системой вентиляции для удаления испаряемых газов и образующейся пыли и мелкой стружки. Кроме этого, во всём производственном цеху используется общая вентиляция вытяжного типа с системой фильтрации выходящего воздуха.

Исполнители обязательно проходят инструктаж по охране труда.

Для защиты от поражения электрическим током используется заземление и изоляция токоведущих элементов оборудования, а также предохранители.

В целях снижения психофизиологического воздействия используются перерывы в работе, а также правильная организация рабочего места с

достаточным уровнем освещения и вентиляции.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

Технология осуществляется в трёх цехах. Обработка по формообразованию проводится в механическом цехе, получение заготовки в прессовом, а термообработка в термическом цеху. Для данных подразделений соответственно класс пожарной опасности будет относиться к категории В и Е, где опасными факторами при пожаре являются пламя, искры, а также неисправности электропроводки. Это может привести при пожаре к разрушению оборудования с выносом высокого напряжения на металлические части. В случае тушения пожара может оказывать вредное воздействие огнетушащие средства.

Для тушения пожара рабочее подразделение оборудуется набором огнетушителей, пожарным гидрантам с напорными пожарными рукавами, средствами по пожарному оповещению с управление эвакуацией. Также используются автоматические извещатели, а для тушения пожара непосредственно исполнителями могут использоваться ручной инструмент – лопаты и топоры.

Для защиты органов дыхания используют средства индивидуальной защиты в виде противогазов и респираторов.

Все исполнители обязательно проходят пожарный инструктаж на регулярной основе.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Разработанная технология с точки зрения воздействия на окружающую среду содержит следующие опасные факторы. Воздействие на воздушную среду заключается в возможных токсических испарениях при

высокотемпературной обработке (чистовое точение и шлифование), а также при выполнении термообработки.

С точки зрения вредного воздействия на сточные воды опасными факторами в данной технологии являются взвешенные вещества и нефтепродукты, а также эмульсолы.

С точки зрения загрязнения литосферы образуются отходы в виде стружки и ветошь. Для снижения влияния вредных факторов при воздействии на воздушную среду можно использовать фильтрационные системы, для снижения воздействия на сточные воды - локальную многоступенчатую отчистку сточных вод, а для снижения влияния вредных факторов на литосферу - утилизация полученных отходов на полигоне.

Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела по безопасности и экологичности технологического процесса изготовления передней ступицы, включающей в себя заготовительную, токарную, протяжную, термическую, торцекруглошлифовальную, моечную и контрольную операции, были получены следующие результаты.

Для предложенного технологического процесса проанализированы основные операции и оборудование, а также материалы и оснащение. С учётом проведённого конструкторско-технологического описания выявлены опасные и вредные производственные факторы, характерные для соответствующих этапов технологии изготовления передней ступицы, к которым отнесены высокотемпературные воздействия, возможные повреждения острыми кромками, поражение электрическим током, загрязнение воздушной среды, шум, вибрации и психофизиологические воздействия.

С учётом указанных факторов разработаны мероприятия по защите работников, участвующих в данной технологии в виде средств

индивидуальной защиты, а также защитных мер по организации работы в виде соответствующих систем вентиляции, освещения, режима работы, а также мер по подготовке работника в виде различных инструктажей.

Проанализирована пожарная безопасность подразделений, участвующих в технологии изготовления ступицы и предложены меры по ее обеспечению. Данные организационно-технические меры включают в себя подбор соответствующего инструмента, мероприятий по организации работы, а также меры, необходимые в случае возникновения пожара.

Проанализированы вредные экологические факторы. Предложены меры по снижению данных вредных воздействий путём организации общей вентиляции, системы очистки сточных вод, а также утилизации отходов.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений [7].

Данный раздел, являются итоговым в написании бакалаврской работы, в ходе которой предлагается внести изменения в технологический процесс изготовления ступицы передней автомобиля LADA «Granta», а именно заменить инструмент на токарной операции.

Подробное описание предложенных совершенствований описано в предыдущих разделах бакалаврской работы, а краткое их описание представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления ступицы передней автомобиля LADA «Granta»

Элементы технологического процесса	Базовый вариант	Проектный вариант
Оборудование	Токарный станок, модель НТ250Ф3	Токарный станок, модель НТ250Ф3
Оснастка	Патрон трехкулачковый	Патрон трехкулачковый
Инструмент	Сверло спиральное Р6М5	Сверло сборное Т15К6
Трудоемкость	$T_0 = 1,1$ мин $T_{шт} (шт-к) = 3$ мин	$T_0 = 0,6$ мин $T_{шт} (шт-к) = 2,4$ мин

Для экономического обоснования предложенных совершенствований необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений. Данный алгоритм состоит из 5 этапов, которые включают обязательное выполнение соответствующих расчетов. Этапы выполнения алгоритма и сопровождающие их экономические расчеты представлены в таблице 8.

Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных. Данный этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор

таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

Таблица 8 – Этапы алгоритма определения экономической эффективности технологических решений

Номер и название этапа	Параметры, которые, собираются или определяются входе этапа	Формула расчета параметра
Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных	- «трудоемкость выполнения операций; - оборудование, оснастка и инструмент, применяемые в ТП; - технические характеристики оборудования (габариты и мощность); - количество необходимого оборудования (H_{OB}); - коэффициент загрузки оборудования (K_3)» [7]	
Этап 2. Определение технологической себестоимости	- «основной материал (M); - основная заработная плата рабочих ($Z_{ПЛ.ОСН}$); - социальные отчисления ($НЗП$); - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{Э.ОБ}$); - технологическая себестоимость ($C_{ТЕХ}$)» [7]	$M = M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ} - M_0 \cdot Ц_0$ $Z_{ПЛ.ОСН} = Z_{ПЛ.ОП} + Z_{ПЛ.Н}$ $НЗП = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_C$ $P_{Э.ОБ} = P_{ОБ} + P_{ПР} + \dots + P_i$ $C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ.ОСН} +$ $+ НЗП + P_{Э.ОБ}$
Этап 3. Определение полной себестоимости	- «цеховая себестоимость ($C_{ЦЕХ}$); - производственная (заводская) себестоимость ($C_{ЗАВ}$); - полная себестоимость ($C_{ПОЛН}$)» [7]	$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$ $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$ $C_{ПОЛН} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$
Этап 4. Определение инвестиций	- «капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$); - сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$); - общий объем инвестиций ($K_{ИНВ}$)» [7]	$K_{ОБ} = \sum H_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3$ $K_{СОП} = Z_{ПР} + K_{ПР} + \dots + K_i$ $K_{ИНВ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$
Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса	- «чистая прибыль ($П_{ЧИСТ}$); - срок окупаемости (T); - чистый дисконтированный доход ($ЧДД$); - индекс доходности ($ИД$); - доход на капитал ($Д_{КАП}$)» [7]	$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{П}$ $T = \frac{K_{ИНВ}}{П_{ЧИСТ}}$ $ИД = \frac{Д_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ИНВ}}$

Этап 2. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудованию.

Этап 3. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Этап 4. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых мероприятий по совершенствованию технологического процесса.

Применение данного алгоритма, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов по этапам 2-5. Так как этап 1 является предварительным, т.е. служит только для получения исходных данных, поэтому выводы по нему писать не будем.

Результаты выполнения этапа 2 представлены на рисунке 7.

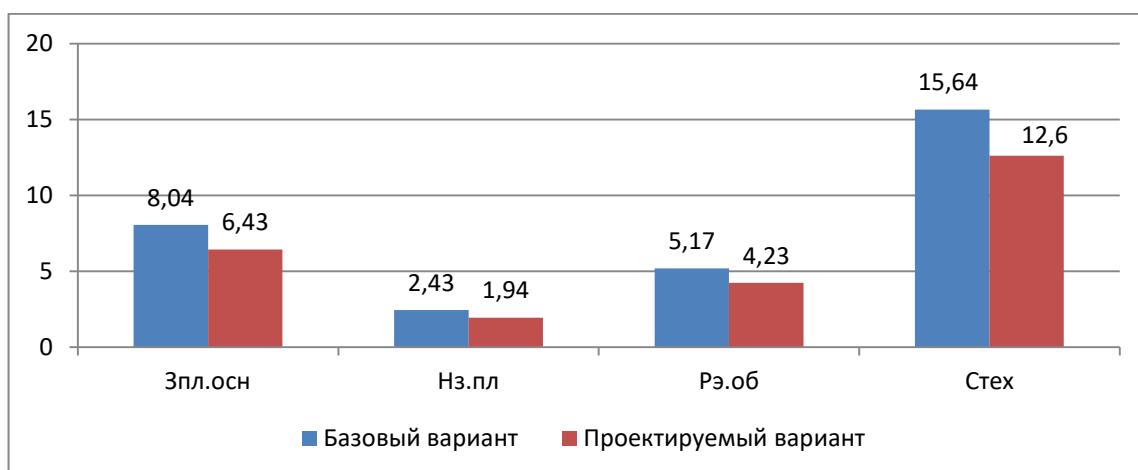


Рисунок 7 – Определение технологической себестоимости детали «Ступица передняя автомобиля LADA «Granta»», токарной операции по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 7 можно сделать вывод о том, что расходы по представленным параметрам снижаются, и позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 19,4%.

Результаты выполнения этапа 3 представлены на рисунке 8. Так как основой для определения полной себестоимости является технологическая себестоимость, то целесообразно данную величину включить в это графическое изображение.

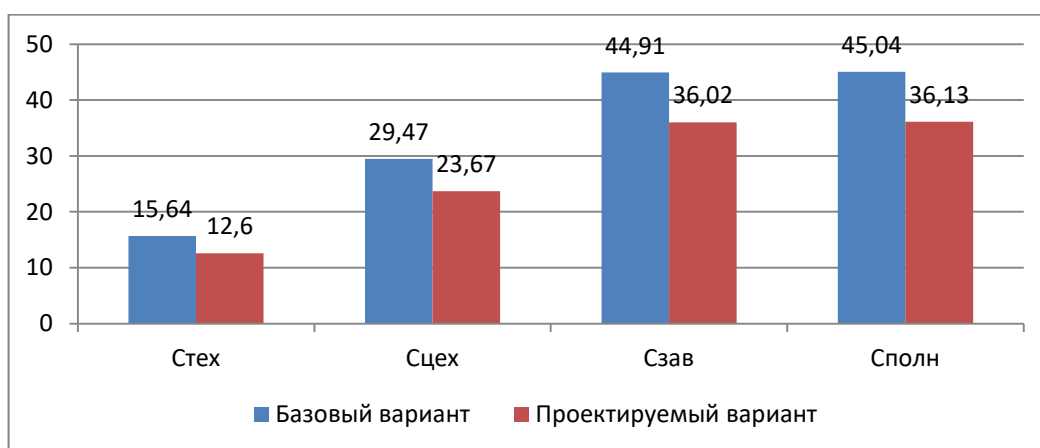


Рисунок 8 – Определение полной себестоимости, детали «Ступица передняя автомобиля LADA «Granta»», токарной операции по вариантам, руб.

Значения, представленные на рисунке 8, также имеют тенденцию к снижению в проектируемом варианте. Разница величины полной себестоимости между вариантами составляет уже 19,8%, т.е. в проектируемом варианте полная себестоимость меньше на 8,91 рублей.

Результаты выполнения этапа 4 представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, инвестиций потребуют: затраты на проектирование (Z_{IP}), затраты на инструмент ($K_{И}$), затраты на корректировку управляющей программы (K_A) и незавершенное производство ($HЗП$). Учитывая полученную величину перечисленных параметров, общий объем инвестиций ($K_{ИНВ}$) составит 44073,11 руб.

Результаты выполнения этапа 5 представлены в таблице 9.

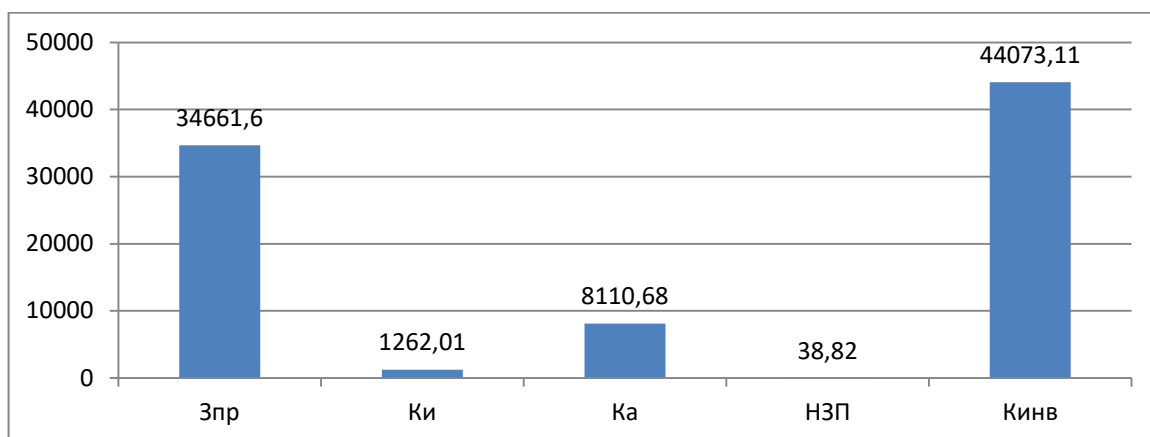


Рисунок 9 – Определение инвестиций на выполнение измененной токарной операции детали «Ступица передняя автомобиля LADA «Granta»», руб.

Таблица 9 – Экономическое обоснование изменений технологического процесса

Экономический показатель, единица измерения	Условное обозначение	Значение
Общий объем инвестиций, руб.	<i>K_{инв}</i>	44073,11
Чистая прибыль, руб.	<i>П_{чист}</i>	35640
Срок окупаемости, год	<i>T</i>	2
Чистый дисконтированный доход, руб.	<i>ЧДД</i>	7248,49
Индекс доходности, руб. / руб.	<i>ИД</i>	1,16

Наиболее значимой величиной, из всех представленных в таблице 9, является числовое значение чистого дисконтируемого дохода, а именно то, что оно положительное. Это значит, что инвестиции вкладывать в предлагаемые изменения технологического процесса экономически целесообразно.

Вывод по разделу

Данные действия позволят получить дополнительную прибыль на каждый вложенный рубль в размере 1,16 рублей, что подтверждает значение индекса доходности.

Заключение

В работе спроектирован технологический процесс изготовления передней ступицы Лады Гранты.

В анализе исходных данных был выполнен анализ условий работы детали, ее назначения. С учетом этого все поверхности ступицы были классифицированы и проанализированы по своим функциям и соответствующим требованиям. На основе этого проведен анализ технологичности ступицы, который позволил выявить отдельные не технологичные моменты при изготовлении данной детали.

Выбрана заготовка в виде штамповки. Для нее и универсального автоматизированного оборудования в виде токарного центра выбраны технологические переходы по лезвийной обработке. С учетом дополнительной обработки шлицев и отделочной обработки шеек с торцами сформированы технологические операции на основе базового заводского техпроцесса. Это позволяет для среднесерийного производства обеспечить максимальную эффективность путем обеспечения требуемой точности и качества обработанных поверхностей.

Для предложенных технологических переходов и операций с соответствующим оборудованием выбраны средства технологического оснащения в полном комплекте. Выбрана лимитирующая операция - токарная, и для нее разработана оригинальная конструкция станочного зажимного приспособления трех кулачкового самоцентрирующего патрона, который способен работать при высоких оборотах заготовки. Также предложена конструкция режущего инструмента для сверления заготовки, использующая последние достижения в области процесса резания.

В заключении предложены меры для спроектированных операций по охране труда и обеспечению экологичности. Предложенная конструкция режущего инструмента обоснована технико - экономическими расчетами.

Список используемых источников

1. Боровский Г. В. Справочник инструментальщика [Текст] / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2005. - 463 с. : ил. - Библиогр.: с. 460-463. - ISBN 5-217-03284-7 : 553-64.
2. Водяник В. И. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : учеб. пособие / В. И. Водяник ; Сочинск. гос. ун-т туризма и курортного дела. - Изд. 2-е, перераб. и доп. ; ВУЗ/изд. - Сочи : ГУП "СПП", 2002. - 284 с. : ил. - Библиогр.: с. 283-284 (13назв.). - 220-00.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве [Текст] : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТолПИ , 2000. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 79. - 1-00.
4. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
5. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
6. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении [Текст] : 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.
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. Косов Н. П. Технологическая оснастка [Текст] : вопросы и ответы : учеб. пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф

МО. - Москва : Машиностроение, 2005. - 303 с. : ил. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 295. - Прил.: с. 296-302. - ISBN 5-217-03242-1 : 550-00.

9. Марочник сталей и сплавов [Текст] / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с. : ил. - Библиогр.: с. 773-782. - Прил.: с. 585-772. - ISBN 5-217-03177-8 : 6230-35.

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. 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. Справочник конструктора-инструментальщика [Текст] / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Библиогр.: с. 540-541. - ISBN 5-217-03353-3 : 450-00.

19. Станочные приспособления [Текст] : 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. : ил. - Библиогр.: с. 314. - Прил.: с. 254-313. - ISBN 978-5-00091-121-1. - 639-82.

20. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] . В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 902-910. - ISBN 5-217-03083-6 : 2147-73. - 2200-00. - 1500-00.

21. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] . В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 928-941. - ISBN 5-217-03083-6 : 2147-73. - 2200-00. - 1500-00.

22. Схиртладзе А. Г. Станочные приспособления [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. - Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2001. - 110 с. : ил. - ISBN 5-06-003988-9 : 110-00.

23. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с. : ил. - Библиогр.: с. 531-544. - ISBN 978-5-94178-160-7 : 463-50.

24. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с. : ил. - Библиогр.: с. 502-515. - ISBN 978-5-94178-122-5 : 463-50.

25. Altintas Y., Weck M. Chatter stability of metal cutting and grinding, CIRP Annals 53(2), 619–642 (2004)

26. Ghosh N., Ravi Y.B., Patra A., Mukhopadhyay S. Estimation of tool wear during CNC milling using neural network-based sensor fusion, Mechanical Systems and Signal Processing 21 (1) (2007) 466–479.

27. Haber R.E., Jimenez J.E., Peres C.R., Alique J.R. An investigation of tool wear monitoring in a high-speed machining process, Sensors and Actuators A: Physical 116 (3) (2004) 539–545.

28. Scheffer C., Kratz H., Heyns P.S., Klocke F., Development of a tool wear monitoring system for hard turning, International Journal of Machine Tools and Manufacture 43 (10) (2003) 973–985.

29. Tonshoff, H. K. , Wolfsberg, J. P. , Kals, H. J. J. , Konig, W., and Luttermelt, C. A. , 1988, Developments and Trends in Monitoring and Control of Machining Process, CIRP Ann. 0007-8506, 37(2), pp. 611–622.

Приложение А

Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Тубл.															
														2	1
Разраб.	Егоров Д.Е.														
Проверил	Левашкин Д.Г.														
Утвердил	Логинов Н.Ю.														
Н. контр.	Левашкин Д.Г.														
Ступица передняя															
M 01	Круг 125 ГОСТ 2590-88 / Сталь 12ХН2 ГОСТ 4543-71														
	Код	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ						
M 02	04	кг	1,6	1	0,75	12	118x66	1	1,9						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тшт.			
A03	000 2100 Обработка давлением														
B04			1	1	1	1									
A05	005 4110 Токарная														
B06	Многоцелевой токарный станок НТ250Ф3		1	1	1	1									
A07	010 4181 Горизонтально-протяжная														
B08	Горизонтальный полуавтомат 7Б56САУ		1	1	1	1									
A09	015 5000 Термическая обработка														
B10			1	1	1	1									
A11	020 4131 Торцевуглошлифовальная														
B12	Торцевуглошлифовальный станок ЗТ153Е		1	1	1	1									
A13	025 0125 Моечная														
B14			1	1	1	1									
A15	030 2000 Контрольная														
B16			1	1	1	1									
МК	Маршрутная карта														2

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.	Взам.	Глоб.	3	1
Разраб.	Егоров Д.Е.			
Проверил	Левашкин Д.Г.			
Утвердил	Логинюв Н.Ю.			
Н. контр.	Левашкин Д.Г.			
Наименование операции	Стулица передняя			
Токарная	Материал	Твердость	ЕВ	МД
	Сталь АЦ40ГАФБ ГОСТ 4543-71	кз	1,6	112х68
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тшт
Токарный станок НТ250ФЗ		0,91	1,6	20
				3
Р	ПИ	Д	или В	L
				t
				i
				s
				n
				v
T01	Патрон самоцентрирующий трех кулачковый			
O02	1. Установить и закрепить заготовку			
O03	2. Точить заготовку			
T04	Резец многофункциональный С6-Т-А11И11-130 9 Т15К6			
P05	-	119	44,5	1,5 2 0,592 1630 179
O06	3. Сверлить			
T07	Сверло диаметр 20 сборное Т15К6			
T08				
P09	-	20	68	10 1 0,346 3520 210
O10	4. Переустановить и закрепить заготовку			
O11	5. Точить заготовку			
T12	Резец многофункциональный С6-Т-А11И11-130 9 Т15К6			
P13	-	119	44,5	1,5 2 0,592 1630 179
OK	Операционная карта			4

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дюбл. Взам. Пгол.	ГОСТ 3.1404-86 Форма									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р	PI	D или B	L	t	i	s	n	v	005	
О01	6. Расточить отверстия предварительно									
Т02	Борштанга А16R-РСLNL 09_201188392 с пластиной Т5К6									
Р03		55/27,5	20	0,5	3	0,27	1680	179		
О04	7. Расточить отверстия окончательно									
Т05	Борштанга А16R-РСLNL 09_201188392 с пластиной Т5К6									
О06	8. Сверлить									
Т07	Сверла ступенчатые 460.2-0870-026А1-ХМ GС34									
Т08	ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89									
Р09		9,5	13	4,75	2	0,26	3260	87,1		
О10	9. Сверлить									
Т11	Сверла ступенчатые 460.2-1025-031А1-ХМ GС34									
Т12	ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89									
Р13		10	14	5	4	0,33	2770	87,1	0,04	
О14	10. Нарезать резьбу									
Т15	2629-0055 Метчик ГОСТ 17927-72									
Р16		10	14	0,68	2	1,5	1780	56	0,04	
О17	11. Нарезать резьбу									
Т18	2629-0075 Метчик ГОСТ 17927-72									
ОК	Операционная карта								5	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дубл. Взам. Подл.		ГОСТ 3.1404-86 Форма										
		I										
		3										
		010										
		1										
P		ПИ	Д	или	В	L	t	i	s	n	v	
P01		-	12			14	0,68	4	1,5		1690	63,7
O02	12. Точить канавку											
T03	2120-0501 Резец Р18 ГОСТ 18874-73											
P04		-	34			4	4	4	1	0,118	392	41,9
O5	13. Снять заготовку											
O6												
O7												
O8												
O9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
OK	Операционная карта											6

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 Форме									
Дуобл.	Бзам.	Тлоол.							
									3
									005
КЭ	Карта эскизов								

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 Формы		
Дюрл.		
Взам.		
Плол.		
		3
		005
КЭ	Карта эскизов	

Приложение Б

Спецификация на приспособление

Таблица В.1 – Спецификация приспособления

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			22.ВКР.ОТМП.250.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж. Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
		1	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.001	Корпус	1	
		2	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.002	Кулачок сменный	3	
		3	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.003	Вставка промежуточная	3	
		4	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.004	Кулачок постоянный	3	
		5	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.005	Крышка	1	
		6	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.006	Центровик	1	
		7	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.007	Крышка	1	
		8	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.008	Тяга	1	
		9	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.009	Баланс	3	
		10	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.010	Винт стопор	3	
		11	22.ВКР.ОТМП.250.65.00.011	Рычаг	3	
<u>Стандартные изделия</u>						
		12		Винт 2 М12 х 0,5-6г х 23.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
		13		Винт 2 М12 х 0,75-6г х 78.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
		14		Винт 2 М14 х 0,5-6г х 52.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
		15		Винт 2 М14 х 1-6г х 62.58.35Х01 ГОСТ Р 11738-84	3	
22.ВКР.ОТМП.250.65.00.000.СП						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Егоров Д.Е.			Лит.	Лист
Проб.		Левашкин Д.Г.				1
Н.контр.		Левашкин Д.Г.			Листов	
Утв.		Логинюв Н.Ю.			2	
Патрон зажимной					ТГУ, ИМ ТМБ-1801а	
Копировал					Формат А4	

Приложение Г

Спецификация на инструмент

Таблица Г.1 – Спецификация приспособления

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		22.ВКР.ОТМП.250.75.00.000.СБ	Сборочный чертёж. Сборочный чертёж		
<i>Детали</i>					
	1	22.ВКР.ОТМП.250.75.00.001	Корпус	1	
	2	22.ВКР.ОТМП.250.75.00.002	Пластина	1	
22.ВКР.ОТМП.250.75.00.000.СП					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Егоров Д.Е.			
Проб.		Левашкин Д.Г.			
Исполн.		Левашкин Д.Г.			
Утв.		Логинев Н.Ю.			
<i>сверло сборное</i>					
			Лит.	Лист	Листов
					1
			ТГУ ИМ ТМБ-1801а		
			Формат А4		

Копировал

Формат А4