

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 колеса трактора Т-25

Обучающийся

М.Б. Мокров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин

(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)

ст.преподаватель И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

В предоставленной выпускной квалификационной работе (ВКР) выполнена разработка процесса изготовления заданной детали - ступица трактора переднего колеса Т-25.

Ключевые слова: заготовка, деталь, технологическая оснастка, режимы резания, инструмент, приспособление, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

В выполненной работе представлены:

- анализ материала изготовления детали;
- выбор заготовки;
- технологический процесс обработки заданной детали, в составе которого выбраны схемы базирования;
- проект станочного приспособления для изготовления детали и режущий инструмент;
- показатели безопасного использования технологического процесса;
- оценка экономического эффекта от внедряемого технологического процесса;
- комплект технологической документации для внедряемого технологического процесса, который включает графический материал;

Работа состоит из пояснительной записки в размере 56 страниц и содержит 7 таблиц, 9 рисунков, и графической части, содержащей 5 листов. Оформлен презентационный лист (приложение А).

Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	6
1.1 Анализ функционального назначения детали и условия её эксплуатации.....	6
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	9
1.3 Анализ типа производства и заводского технологического процесса.....	14
1.4 Формулировка задач работы.....	16
2 Разработка технологической части работы.....	18
2.1 Проектирование заготовки.....	18
2.2 Проектирование плана изготовления.....	20
2.3 Определение средств оснащения техпроцесса.....	21
2.4 Разработка технологических операций.....	23
2.5 Выбор технологических баз и их обоснование.....	27
3 Проектирование станочного приспособления.....	31
4 Проектирование режущего инструмента.....	37
5 Безопасность и экологичность проекта.....	47
6 Экономическая эффективность проекта.....	52
Заключение.....	56
Список используемых источников.....	57
Приложение А Презентационный лист.....	59
Приложение Б Деталь.....	60
Приложение В План изготовления.....	61
Приложение Г Заготовка.....	62
Приложение Д Наладка токарная 1K282.....	63
Приложение Е Наладка токарная 1K620 с ЧПУ.....	64
Приложение Ж Станочное приспособление.....	65
Приложение И Спецификация.....	66
Приложение К Режущий инструмент.....	68

Введение

Ведущей отраслью экономики является машиностроение, которое развивается путем создания новых конструкций машин и улучшения технологий их производства. Качество выпускаемой продукции и эффективность производства зависят от опережающего развития производства нового оборудования и аппаратов, а также от использования методов технико-экономического анализа. Технологичность конструкции также является важным фактором, который определяет ее широкое использование.

Поэтому, для обеспечения конкурентоспособности в данной отрасли, необходимо постоянно развивать и совершенствовать технологии производства и внедрять новые методы анализа. Это позволит не только улучшить качество выпускаемой продукции, но и снизить затраты на производство, повысить его эффективность и прибыльность. Кроме того, важно следить за тенденциями рынка и потребностями потребителей, чтобы предлагать наиболее востребованные продукты и услуги. Только таким образом можно гарантировать стабильный рост и развитие машиностроения в будущем.

Эффективное использование современного оборудования и инструментов может существенно уменьшить себестоимость и упростить производство продукции. Также применение передовых методов получения заготовок с минимальными припусками на механическую обработку может дать аналогичные результаты. Однако в некоторых случаях может быть целесообразно снизить технологичность изделия для улучшения его качества и конкурентоспособности, что позволит компенсировать дополнительные затраты.

При построении эффективных маршрутов технологического процесса необходимо учитывать тип производства и возможности предприятия. Один из основных критериев - принцип постоянства базы данных. Маршрут должен

быть спроектирован таким образом, чтобы максимально использовать возможности оборудования.

Важно отметить, что стремление к технологичности не должно приводить к ухудшению свойств изделия ниже установленных конструктивно заданных параметров. Поэтому при выборе технологии производства необходимо учитывать не только технические аспекты, но и требования к качеству продукции и потребностям рынка. Только так можно обеспечить стабильное развитие производства и удовлетворение потребностей потребителей.

Способы и технология процесса производства и идентичных деталей могут отличаться по экономическим показателям, но при этом они должны соответствовать технологическим требованиям к изделию. Конкретный тип производства оказывает существенное влияние на выбор оптимального технологического процесса. В случае массового или крупносерийного производства наиболее эффективным является применение дифференциации или концентрации операций с возможностью полной автоматизации.

Целью дипломного проекта является проработка процесса изготовления с расчетом параметров детали типа ступица трактора. Для этого необходимо рассчитать припуски и определить режимы резания. Также требуется выбрать необходимое оборудование, приспособления и инструмент для выполнения обработки. Помимо этого, следует оценить время, необходимое для изготовления детали.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условия ее эксплуатации

Трактор Т-25 оснащен шасси, включающим переднюю ось, передние направляющие колеса и задние ведущие колеса с пневматическими шинами низкого давления. Для междурядной обработки пропашных культур с разным расстоянием между рядами, можно регулировать колею ведущих колес в пределах от 1100 до 1500 мм с шагом 100 мм, а колея передних колес регулируется по размерам от 1200 до 1400 мм.

Передняя ось является базовой частью передней части трактора и используется для управления и поворота трактора. Она включает в себя поворотные кулаки с поворотными осями, рулевые трапецевидные тяги и рычаги, ступицы передних колес и балансирующую балку. Балансирная балка изготовлена из стали и имеет приливы посередине, в которых установлены втулки из горячекатаной стали, закаленные до повышенной твердости.

Балансирная балка выполняет функцию распределения веса на переднюю и заднюю ось трактора, что обеспечивает стабильность и маневренность во время движения. Кроме того, она предотвращает неравномерный износ передних и задних колес и уменьшает вероятность пробуксовки ведущих колес.

Передние направляющие колеса обеспечивают управляемость трактора при движении по дороге и полю. Они соединены с передней осью трактора через поворотные кулаки, которые позволяют им поворачиваться при движении. Рулевые трапецевидные тяги и рычаги, в свою очередь, передают усилие от рулевого механизма к поворотным кулакам и обеспечивают поворот направляющих колес.

Задние ведущие колеса обеспечивают тяговое усилие трактора и имеют пневматические шины низкого давления для улучшения проходимости по

мягкой почве. Колея ведущих колес может быть регулирована в пределах от 1100 до 1500 мм, что позволяет использовать трактор для междурядной обработки пропашных культур с различным расстоянием между рядами. Колея передних колес настраивается от 1200 до 1400 мм и также может быть регулирована для обеспечения оптимального положения трактора при работе на поле.

Переднее колесо на тракторе вращается на двух конических роликовых подшипниках, которые установлены в цилиндрической части оси. В ступице имеется резьбовое отверстие, которое используется для смазки подшипников, и закрывается резьбовой пробкой. Наружная часть ступицы покрыта литой крышкой.[1]

Ступица переднего колеса является важным компонентом узла передней оси трактора. Она выполняет функцию подшипника, обеспечивая вращение колеса вокруг оси. Кроме того, ступица переднего колеса также служит основным элементом крепления колеса к передней оси. В зависимости от модели трактора и условий эксплуатации, ступица переднего колеса может быть выполнена из различных марок стали. Конструктивные особенности ступицы переднего колеса также могут различаться в зависимости от типа и модели трактора. На рисунке 1 представлен эскиз ступицы переднего колеса:

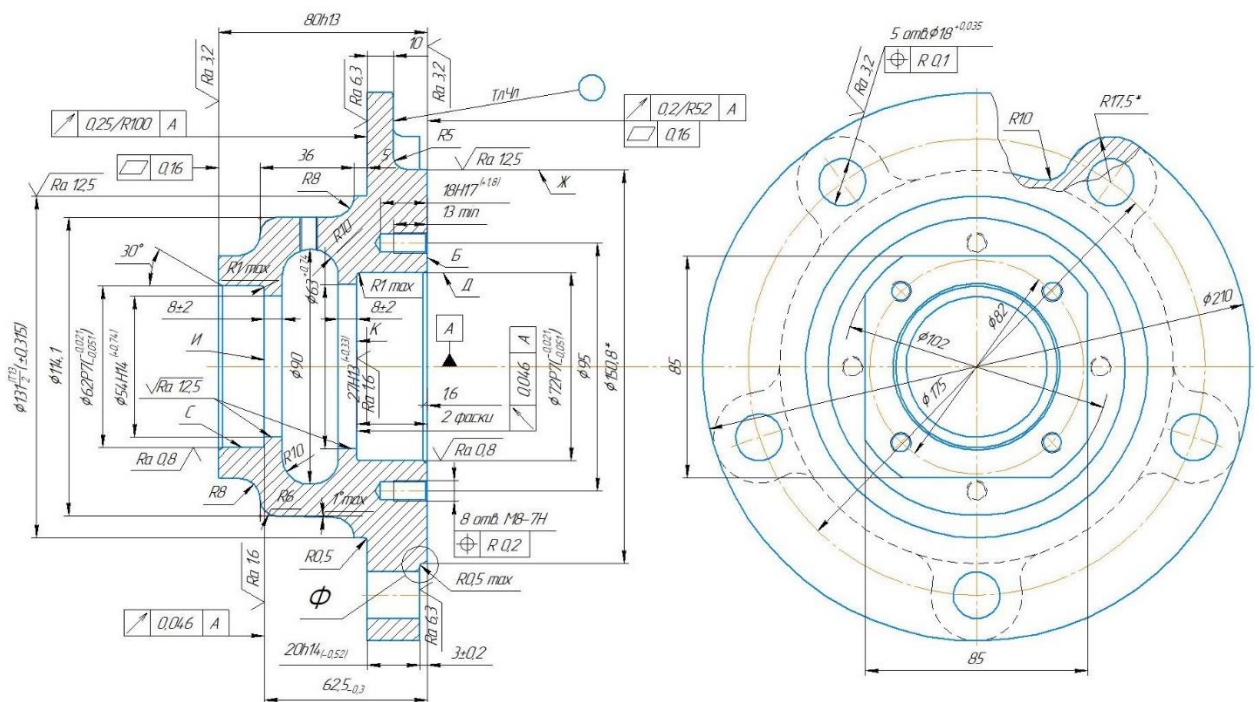


Рисунок 1 - Ступица переднего колеса

- Данный узел имеет несколько основных плоскостей, в их число входят:
- внутренние цилиндрические поверхности под подшипники;
 - торец "А" детали ступица;
 - поверхность под крепление тормозных дисков.

Конструктивное исполнение ступицы должно обеспечивать не только надежное крепление колеса, но и высокую точность и плавность его вращения. Для этого ступица должна быть достаточно жесткой и иметь минимальный вес.[2]

В данной конструкции трактора и используемой технологии производства, ступица может быть выполнена из различных материалов, таких как чугун, сталь, алюминий или их сплавы. Кроме того, ступицы могут иметь различную форму и геометрию в зависимости от особенностей конструкции колеса и тормозной системы.

Одной из основных проблем, связанных с эксплуатацией ступицы, является ее износ. При эксплуатации заданного вида техники, особенно на больших расстояниях или в условиях повышенной нагрузки, ступица

подвергается значительным механическим нагрузкам, что может привести к ее деформации и повреждению. Поэтому регулярное техническое обслуживание, ремонт и замена ступицы при необходимости являются важными мерами по обеспечению безопасности движения и надежности транспортного средства.[2]

1.2 Анализ технологических показателей детали

Материал, используемый для изготовления детали "Ступица колеса", является литейной сталью 40Л ГОСТ 977-88, она применяется для создания различных деталей, работающих при высоких температурах до 400 °С. Химический состав материала состоит из 97% железа, 0,37-0,45% углерода, 0,2-0,52% кремния и 0,4-0,9% марганца.[1]

В производстве заданной детали применяется метод литья, применяемый с использованием формы, близкой к готовой детали. Корпус ступицы представляет собой вращающееся тело, с множеством поверхностей, в которых имеются резьбовые отверстия, как глухие, так и сквозные, что требует использования определенного числа сверл, фрез и метчиков. Однако все перечисленные поверхности находятся в технологической доступности для механической обработки с применением типового инструмента и стандартных приспособлений, что является технологичным решением. Внешние поверхности стоит обрабатывать фрезами торцевого типа, которые способны гарантировать достаточно высокую эффективность в обработке, а внутренние поверхности доступны для обработки без закрытых пазов и канавок. Деталь обладает достаточной жесткостью и прочностью, что исключает возможность вибрации в процессе обработки. Большинство поверхностей можно достичь с необходимой шероховатостью на всех этапах обработки.[2]

Для изготовления данной детали требуется использовать материал, обеспечивающий твердость в диапазоне от 163 до 229 НВ, такой как стальной сплав 45Х или 40ХН2МА. Также необходимо учитывать требования к

точности отливки и допускам на раковины и биения поверхностей, а также выбрать инструмент и оборудование, обеспечивающие соответствие требуемых размеров и шероховатостей поверхностей.

В процессе обработки детали следует обратить внимание на необходимость растачивания мест подшипников с точностью шероховатости Ra 0.8, а также на наличие линейных уклонов и радиусов на поверхностях детали. После обработки деталь следует покрыть темно-серой эмалью КМЛ-13.

Необходимо также учитывать, что конструкция детали не должна создавать трудностей при ее обработке, поэтому при ее проектировании следует учитывать возможность доступа к поверхностям для обработки и выбирать форму поверхностей, обеспечивающую легкую обработку и использование автоматизированного оборудования.

Также стоит отметить, что отсутствие необходимости проведения термической обработки детали позволяет избежать возможных проблем с ее короблением и сокращает время производства.

По дополнительным техническим показателям можно отметить, что конструкция детали обеспечивает высокий коэффициент использования материала, так как характер плоскостей и их габариты допускают минимизацию отходов при обработке. Коэффициент унификации и стандартизации также может быть высоким, если деталь соответствует стандартам и допускается ее использование в разного рода конструкциях. Однако необходимо провести дополнительный анализ для оценки коэффициента точности и шероховатости поверхности.[3]

Количественный анализ технологичности детали показывает, что деталь имеет 6 ступеней на внешней поверхности и 5 ступеней внутри отверстия. Внутренние поверхности, где расположены подшипники, имеют шероховатость класса Ra 0.8, что требует дополнительной обработки, например, растачивания. Остальные отверстия на детали имеют более высокую шероховатость Ra 3.2, что может потребовать дополнительной

обработки поверхности для улучшения точности и качества. Деталь также имеет 8 резьбовых отверстий, по 4 на каждом конце, которые также требуют обработки.[2]

Несмотря на перечисленные элементы заданной детали, которые подвергаются обработке, описанная конфигурация имеет достаточную технологичность, таким образом обработка не будет затруднена.[4]

Заданную деталь необходимо проверить на технологичность с использованием количественного анализа с помощью следующих коэффициентов:

- Коэффициент сложности обработки - это отношение времени обработки детали наиболее сложной ее операции к общему времени обработки детали.

- Коэффициент использования материала - это отношение массы детали после обработки к массе исходного заготовления.

- Коэффициент издержек на обработку - это отношение затрат на обработку детали к ее стоимости.

- Коэффициент трудоемкости обработки - это отношение затрат на труд при обработке детали к ее стоимости.

- Коэффициент использования станка - это отношение времени работы станка при обработке детали к общему времени его работы.

Коэффициенты технологичности детали могут помочь определить, насколько деталь является эффективной и экономичной в процессе ее производства.[5]

Определим следующие коэффициенты:

- Технологической шероховатости ($K_{ш.о}$) задается в пределах от 0 до 1. Используем формулу 1:

$$K_{ш.о.} = \frac{1}{B_{ср.}} \quad (1)$$

где $B_{ср.}$ – средний класс шероховатости обработки заданной детали;

1,2,...,14 - класс шероховатости обработки;

$n_1, n_2, \dots, n_{14}$ - число поверхностей заданной шероховатости.

$$B_{\text{ср.}} = \frac{1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{14}}$$

$$B_{\text{ср.}} = \frac{2 \cdot 20 + 4 \cdot 5 + 5 \cdot 10 + 6 \cdot 7 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 2}{20 + 5 + 10 + 7 + 2 + 2} = 3,96$$

$$K_{\text{ш.о.}} = \frac{1}{3,96} = 0,25$$

– в случае, если $K_{\text{ш.о.}} < 0,16$ – трудоёмкость изготовления - высокая;

– если же $K_{\text{ш.о.}} \geq 0,16$ – трудоёмкость изготовления - нормальная.

При расчетном коэффициенте шероховатости равном 0,253 ступица трактора считается нормальной трудоемкости при изготовлении.

- Показатель технологичности по точности обработки $K_{\text{т.о.}}$ достаточно частый показатель технологичности узла, он определяется по формуле (2):

$$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср.}}} \quad (2)$$

где $A_{\text{ср.}}$ – средний квалитет точности обработки;

6,7,...,17 – квалитеты точности изготовления;

$n_6, n_7, \dots, n_{17}$ – количество размеров данного квалитета.

$$A_{\text{ср.}} = \frac{6n_6 + 7n_7 + 8n_8 + \dots + 17n_{17}}{n_6 + n_7 + n_8 + \dots + n_{17}}$$

$$A_{\text{ср.}} = \frac{17 \cdot 48 + 15 \cdot 1 + 14 \cdot 3 + 13 \cdot 3 + 8 \cdot 5 + 7 \cdot 2}{48 + 1 + 3 + 3 + 5 + 2} = 15,09$$

$$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{15,09} = 0,933$$

- В случае, если $K_{т.о.} < 0,85$, то деталь считается достаточно точной;
- Если же $K_{т.о.} \geq 0,85$, то деталь можно считать нормальной точности изготовления;

В нашем случае рассчитанный коэффициент технической оснащенности равняется 0,933, следовательно заданную деталь следует считать нормальной точности при изготовлении. Но возможны и определенные замечания по технологичности конструкции детали, они выявляются при проведении анализа. Некоторые из таких замечаний могут включать:

- Низкая производительность процесса обработки детали.
- Недостаточная точность геометрических параметров детали.
- Высокая стоимость производства детали.
- Сложность обработки детали, что может привести к высокому риску дефектов.
- Неэффективное использование материала при изготовлении детали.
- Ограничения по выбору технологии обработки детали, что может усложнить ее производство.

Эти замечания могут указывать на то, что деталь может быть улучшена в плане ее технологичности, чтобы увеличить ее производительность, точность и/или снизить ее стоимость производства.[3]

Также, необходимо проанализировать поверхности детали и классифицировать их. На рисунке 1 изображены наиболее важные поверхности. Исполнительные поверхности используются для передачи вращения, а основные поверхности - для опоры ступицы на корпус внешнего шарнира. Кроме того, детали устанавливаются на вспомогательные поверхности, такие как болты, корпус наружного шарнира, подшипники, прокладка и защитный колпачок.

1.3 Анализ типа производства и заводского технологического процесса

Данный раздел посвящен определению типа производства, который зависит от годового объема производства, размеров и веса продукции. Правильный выбор вида производства и соответствующей формы организации производства играют важную роль в определении технологического процесса и его организации.[4]

В машиностроении принято выделять три вида производства: массовое, серийное и единичное. Определяем тип и серийность производства по таблицам 1 и 2 для детали «Ступица колеса».

Таблица 1 - Выбор типа производства

Тип производства	Выпуск продукции за год		
	Тяжелых	Средних	Легких
	> 30 кг	8 - 30 кг	< 8 кг
Единичное	< 5	< 10	< 100
Мелкосерийное	5 – 100	10 – 200	100 - 500
Среднесерийное	100 – 300	200 – 500	500 - 5000
Крупносерийное	300 – 1000	500 – 5000	5000 - 50000
Массовое	> 1000	> 5000	> 50000

Таблица 2 - Выбор серийности производства

Серийность производства	Количество изделий в серии		
	крупных	средних	мелких
Мелкосерийное	3 — 10	5 — 25	10 — 50
Среднесерийное	11 — 50	26 — 200	51 — 500
Крупносерийное	Св. 50	Св. 200	Св. 500

Приняв во внимание вес, габариты и объем выпуска заданного элемента определили, что тип производства – среднесерийный, с числом изготавливаемых деталей от 200 до 500.

Изменение технологического процесса также может включать в себя следующие направления:

- Внедрение автоматических и полуавтоматических систем управления для повышения точности и скорости обработки детали.
- Использование новых материалов и инструментов для обработки деталей, что может привести к снижению затрат на инструменты и улучшению качества продукции.
- Оптимизация технологического процесса для сокращения времени обработки детали и уменьшения количества брака.
- Внедрение системы контроля качества продукции на всех этапах технологического процесса для улучшения качества продукции и снижения количества брака.
- Разработка и внедрение новых методов обработки деталей, таких как лазерная резка или электроэрозионная обработка, для улучшения качества продукции и повышения производительности труда.
- Улучшение условий труда для сотрудников, например, путем автоматизации опасных операций и использования специального оборудования для снижения риска травм и заболеваний.[7]

В работе предлагается использование фрезы для обработки поверхностей в рамках токарных операций, чтобы повысить эффективность технологического процесса. Кроме того, необходимо откорректировать технологический процесс, например, заменить используемую охлаждающую жидкость на Аквол-10М. Кроме того, при выборе метода получения заготовок, также учитываются такие факторы: требуемая точность, поверхностная шероховатость, сроки производства, возможность автоматизации процесса, доступность, стоимость материалов и оборудования, а также экономическая целесообразность.[6]

Например, для изготовления сложных и точных деталей могут использоваться методы лазерной резки или электроэрозионной обработки, в то время как для изготовления более простых и массовых деталей может быть предпочтительнее использовать штамповку или литье в металлические формы.

1.4 Формулировка задач работы

Цель данного проекта состоит в разработке инновационного технологического процесса для изготовления детали ступицы колеса, включающего разработку конструкторского и технологического оборудования. Для реализации заданной цели необходимо:

- Определить назначение детали, описать ее работу в узле.
- Описать назначение детали для обслуживания и установить технические требования к ней.
- Произвести анализ технологичности детали.
- Произвести анализ текущего технологического процесса, включая документацию, используемое оборудование, принятый режущий инструмент и технологическую оснастку. На основе этого анализа необходимо сделать заключение и определить предложения по улучшению процесса проектирования.
- Спроектировать технологию изготовления детали ступицы колеса трактора на основе анализа основного технологического процесса. Для выполнения данного задания следует решить определенные задачи: выбрать начальный пробел в технологии, выработать порядок операций и переходов в рамках проектного процесса, рассчитать надбавки, режимы резки и нормы времени, а также определить необходимое количество оборудования.

- Разработать станок для одной операции в рамках разработанного технологического процесса.
- Сконструировать режущий инструмент для этого технологического процесса.
- Выбрать и обосновать конструктивные параметры устройства управления.

Все эти задачи помогут достичь цели исследования, то есть разработать современный технологический процесс изготовления детали с применением прогрессивных технологий.

В первом разделе ВКР рассмотрена конструкция детали ступица трактора, проведен анализ технологичности детали, выбран тип производства и рассмотрен технологический процесс изготовления. Определены пути улучшения производства данной детали. Создан чертеж детали (Приложение Б рисунок Б.1).

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

Для производства данной детали применяется сталь 40Л ГОСТ 977-88, предназначенная для создания отливок. Мы выбрали литье в металлические формы в качестве метода получения начальной заготовки. Кокильное литье - это процесс создания отливок путем заливки расплавленного металла в многоразовые металлические формы – «кокили».[8]

Замена обработки поверхностей зенковками на обработку этих поверхностей фрезами может привести к улучшению технологического процесса. Фрезерование позволяет получать более высокую точность обработки, более гладкие поверхности и более быстрый процесс производства, чем зенковка. Однако, при принятии такого решения, необходимо учитывать технические характеристики используемых станков, доступность фрез и других инструментов, а также опыт и квалификацию персонала. Также следует оценить затраты на приобретение и эксплуатацию нового оборудования и инструментов, а также на обучение персонала.[8]

Вместо литья в песчаные формы, как это делается в базовом технологическом процессе на предприятии, можно использовать метод литья в металлические формы, так как это позволит получить отливки более высокой плотности металла и лучших механических свойств. Одним из преимуществ такого метода является возможность применения формы (кокиля), множество раз, что обеспечивает более точное выполнение рабочих поверхностей формы и высокое качество отлитой поверхности. Кроме того, литье в металлические формы позволяет получать отливку со сложными очертаниями и любой массой при минимальных затратах. Однако следует учитывать, что недостатками такого метода могут быть низкая точность изготовления и неравномерная структура литья, что может приводить к снижению прочности стальных деталей.[9]

Ниже перефразированы технические требования на изготовление заготовки:

- Для изготовления заготовки необходимо использовать сталь, твердость которой должна быть от 160 до 240 по шкале HB 5(750)10, при этом диаметр отиска должен быть в диапазоне от 2,3 до 1,9 мм. Выбор стали с определенными механическими свойствами обусловлен необходимостью достижения определенных требуемых характеристик заготовки.

- Отливка, из которой будет изготовлена заготовка, должна соответствовать точности 11Т-0-0-11См с допуском не более 1,5 мм в соответствии с ГОСТ 26645-85. Это требование определяет допустимый уровень отклонения размеров заготовки от ее исходных параметров.

- В пределах разрешенных небольших неуказанных уклонов, которые могут быть равны 1° ... 2° , и радиусов от 3 до 5 мм, изготовление заготовки будет допустимо. Эти параметры также влияют на точность изготовления заготовки.

- Таким образом, все требования к изготовлению заготовки определяют необходимость использования определенных материалов и соответствие определенным параметрам размеров и формы заготовки.

- Допускается наличие поверхностных царапин и следов корректировки на некоторых участках, которые не должны повлиять на функциональные характеристики изделия.

- При производстве заготовки необходимо соблюдать требования безопасности труда, предусмотренные нормативно-правовыми актами.

- При транспортировке заготовок необходимо обеспечить их сохранность и защиту от механических повреждений.

- При хранении заготовок необходимо обеспечить защиту от коррозии и воздействия агрессивных веществ.

- Использование несоответствующих материалов, оборудования и технологических процессов при изготовлении заготовки не допускается.

- При механической обработке заготовки необходимо соблюдать требования точности и качества обработки, указанные в технической документации.
- Измерение геометрических параметров заготовки должно производиться с использованием средств измерения с необходимой точностью.
- Документация на изготовление заготовки должна быть составлена согласно требованиям ГОСТ 2.104-68 и содержать полную информацию о материалах, технологических процессах и допустимых отклонениях от заданных параметров.

2.2 Проектирование плана изготовления

Для изготовления ступицы переднего колеса необходимо выполнить несколько операций. На первой стадии необходимо выполнить операцию по обточке поверхностей основания на многошпиндельном токарном станке. На второй и третьей операциях обрабатывают пять отверстий $\varnothing 18$ мм и восемь отверстий с резьбой (по четыре на каждом торце). Четвёртая операция необходима для окончательной обработки двух отверстий для установки шариковых подшипников, которые необходимо обработать одновременно. После этого на пятой операции необходимо затупить острые края напильником, а на шестой - промыть и высушить деталь ОСМ-1. Наконец, на седьмой операции следует провести контрольную проверку (Приложение В рисунок В.1).

При разработке технологии изготовления ступицы переднего колеса следует также учитывать особенности конструкции детали и ее функциональное назначение, чтобы обеспечить качество и надежность детали. Например, необходимо учитывать допуски на размеры и форму отверстий для подшипников, чтобы обеспечить правильную работу колеса и исключить возможность его отказа. Также следует учитывать требования к

поверхностной твердости и прочности детали, чтобы обеспечить ее долговечность и безопасность эксплуатации.

2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

При определении оборудования для обработки детали учитываются различные факторы, включая технические требования к детали, такие как размеры, форма, материал, требуемая точность обработки и т.д. Кроме того, также учитываются производственные факторы, такие как доступность оборудования, его мощность и возможности, а также экономические факторы, такие как стоимость оборудования и затраты на обработку детали. Все эти факторы учитываются при выборе оптимального оборудования для обработки детали с учетом технических требований.[9]

В данном случае, для изготовления ступицы переднего колеса на первой операции рекомендуется использовать многошпиндельный полуавтоматический станок для точения поверхностей основания.

На второй и третьей операциях рекомендуется использовать оборудование для обработки отверстий диаметром 18 мм и восьми отверстий с резьбой (по четыре на каждом торце). Возможно использование сверлильного станка или станка с ЧПУ.

Четвертая операция - чистовое растачивание отверстий для шариковых подшипников, рекомендуется проводить на станке с ЧПУ, обеспечивающем высокую точность и повторяемость обработки.[8]

На пятой операции необходимо затупить острые края напильником, что может быть выполнено вручную.

Для промывки и высушивания детали на шестой операции рекомендуется использовать специальное оборудование, например, сушильный шкаф.

Наконец, на седьмой операции необходимо провести контрольную проверку с помощью измерительного оборудования, такого как микрометр.[6]

Для достижения определенной точности и заданной производительности при обработке всех отверстий будет выгоднее использовать агрегатные станки. При проведении заключительной механической обработки отверстий под подшипники, на чертеже это поверхности С, Д и К, предпочтительнее использовать станки с ЧПУ (числовым программным управлением), так как они обеспечивают более высокую точность и повторяемость операций. Для обработки отверстий диаметром 18 мм и отверстий с резьбой можно использовать сверлильно-резьбонарезные станки, а для точения поверхностей основания - токарные станки. Для растачивания отверстий для подшипников можно использовать расточные станки. Для устранения острых краев можно использовать напильник. Важно также выбрать соответствующие инструменты и оснастку для каждой операции.[7] Проверка качества осуществляется на столе контроллера.

В таблице 3 представлены служащие, задействованные на каждой операции производства детали «Ступица колеса».

Таблица 3 – Обработка детали

Номер операции	Наименование операции	Профессия	Разряд
005	Токарная 8-шп.	Токарь	4
010	Агрегатная	Оператор	4
015	Агрегатная	Оператор	4
020	Алмазно-расточная	Расточник	4
025	Слесарная	Слесарь	3
030	Промывочная	Оператор	3
035	Контроль приемочный	Контролёр	4

2.4 Разработка технологических операций

Определение оптимальных режимов резки металлов является важным этапом при обработке деталей. Этот процесс основан на анализе различных параметров, таких как материал детали, материал режущего инструмента, тип инструмента, размеры детали, геометрия резца и многие другие факторы.

В зависимости от этих параметров можно определить оптимальные значения глубины, подачи и скорости резания, что позволяет добиться наилучшей производительности, качества обработки и срока службы инструмента.[8]

Также учитываются и другие факторы, такие как степень жесткости обрабатываемой детали, условия охлаждения, способ закрепления детали и многие другие, которые также могут повлиять на оптимальные режимы резки металлов.

При механической обработке скорость резания необходимо выбрать исходя из материала режущего инструмента и состояния обрабатываемой поверхности (таблица 4).

Таблица 4 – Скорость резания

Параметр	Без корки	С коркой
Состояние поверхности	1	0,8
Тип резца	ВК8	ВК2
Материал режущей части	0,83	1,2

Выбрав скорость резания и зная диаметр обрабатываемой поверхности, необходимо определить частоту вращения шпинделя станка по формуле 3:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3)$$

где V - скорость резания;

π - 3,14;

D - диаметр обрабатываемой поверхности.

Вычисленные обороты соотносят с оборотами, которые может развить шпиндель станка. Если имеется необходимость - уменьшаем их значение, также разрешается увеличить частоту вращения шпинделя на 5%. Рассчитав частоту вращения вала шпинделя, определим скорость резания (формула 4):

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (4)$$

где n – число оборотов, мин^{-1} ;

π - 3,14;

D - диаметр обрабатываемой поверхности.

Расчёт времени работы механизмов определяем по формуле 5:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \quad (5)$$

где L – длина рабочего хода;

S – подача.

Критический по времени путь обработки – обработка растачиванием центрального отверстия на позиции III.

Режущий инструмент 16×25 BK8:

– Глубина резания: $t = 1$ мм.

– Подача: $S_o = 0,2$ мм/об.

– Определение числа оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 98,9}{3,14 \cdot 210} = 150 \text{ мин}^{-1}$$

– Определение скорости резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,6 \cdot 150}{1000} = 33 \text{ м/мин}$$

– Определение основного времени:

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_o \cdot n} = \frac{33}{0,2 \cdot 150} = 1,1 \text{ мин.}$$

Определим режимы обработки: 020 Алмазно-расточная.

Станок алмазно-расточной ОС-4555. Режущий инструмент резец ВК2:

– Глубина резания: $t=0,2$ мм.

– Подача: $S_o=0,05$ мм/об.

– Скорость резания: $V=116,4$ м/мин.

– Определение числа оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 116,4}{3,14 \cdot 72} = 525 \text{ мин}^{-1}$$

– Определение времени обработки:

$$T_o = \frac{L_{PX}}{S_o \cdot n} = \frac{30}{0,05 \cdot 525} = 1,16 \text{ мин.}$$

Если в предложенном маршруте обработки отсутствуют операции с использованием ЧПУ, то включение токарной обработки с ЧПУ 005 может быть хорошим решением. Токарная обработка с ЧПУ позволит добиться высокой точности и повторяемости обработки, а также сократить время обработки и избежать ошибок, связанных с ручной обработкой. Однако, необходимо учитывать, что внедрение токарной обработки с ЧПУ потребует дополнительных затрат на обучение персонала, приобретение оборудования и программного обеспечения. Поэтому, необходимо внимательно оценить экономическую целесообразность включения данной операции в маршрут обработки.[4]

Однако перед включением этой операции в маршрут обработки необходимо провести тщательную оценку технологической целесообразности и экономической эффективности данного шага. Необходимо учитывать стоимость оборудования, программирование станка, настройку и запуск производства. Также следует провести сравнительный анализ качества и точности обработки при использовании данной операции и традиционных технологий.

Если после анализа будет принято решение о включении токарной обработки с ЧПУ в маршрут обработки, то необходимо провести подготовку технологического процесса, включающую программирование станка,

подготовку инструмента и определение оптимальных параметров резания. Также необходимо обеспечить контроль качества изготавливаемых деталей на всех этапах производства.[6]

Надбавки на операции на обработку и межоперационные размеры определяются в соответствии с технологическими требованиями и спецификациями детали. Надбавки могут быть установлены для компенсации усадки или деформации детали в процессе обработки, а также для обеспечения требуемых габаритных размеров и поверхностной шероховатости.

Для определения припусков на обработку и межоперационные размеры необходимо провести анализ технологических операций и определить необходимые дополнительные размеры и припуски.

Определим массу заготовки и, соответственно, коэффициента использования материала.

Коэффициент использования материала определяется по формуле 6:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{З}} \cdot K_{\text{З}}} \quad (6)$$

где $M_{\text{Д}}$ – масса заданной детали, кг;

$M_{\text{З}}$ – масса заготовки для детали, кг;

$K_{\text{З}}$ – коэффициент метода получения заготовки.

В связи с тем, что геометрия заготовки является сложной, то расчёт коэффициента использования материала определим упрощенным способом.

Масса ступицы трактора равна 6,1 кг.

Масса заготовки для производства детали определяется путём взвешивания и равняется 7 кг.

При литье в песчаные формы коэффициент способа получения заготовки принимается равным 1,05.

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{6,1}{7 \cdot 1,05} = 0,83$$

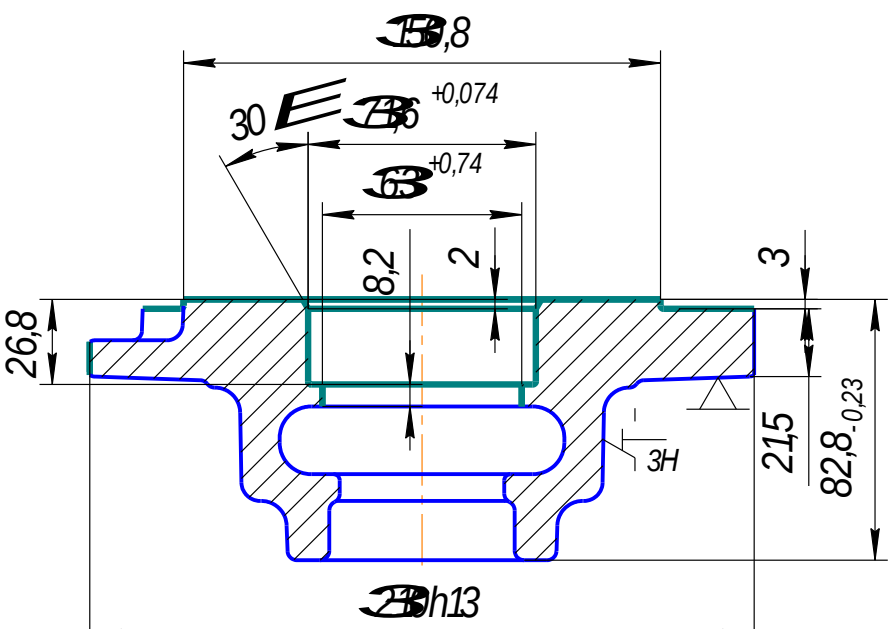
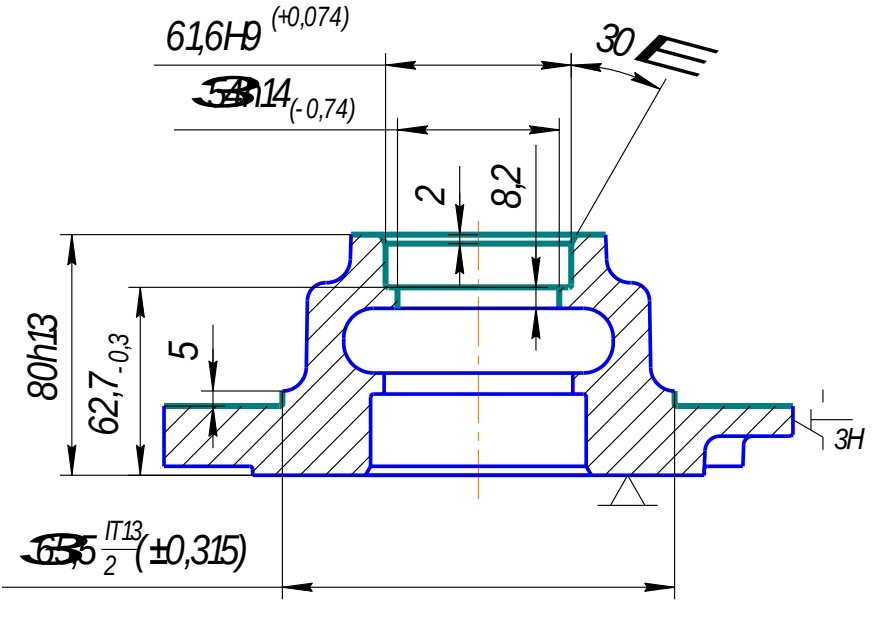
2.5 Выбор технологических баз и их обоснование

Для обеспечения высокой точности обработки деталей необходимо выбрать подходящую схему базирования и крепления, соблюдая определенные правила. Например, следует использовать необработанные поверхности только на первых операциях, выбранные поверхности должны быть достаточного размера для обеспечения жесткости фиксации и высокой точности базирования, а поверхности основания должны обладать высокой точностью и наименьшей шероховатостью. Важно соблюдать принцип единства основ и согласованности оснований.[4]

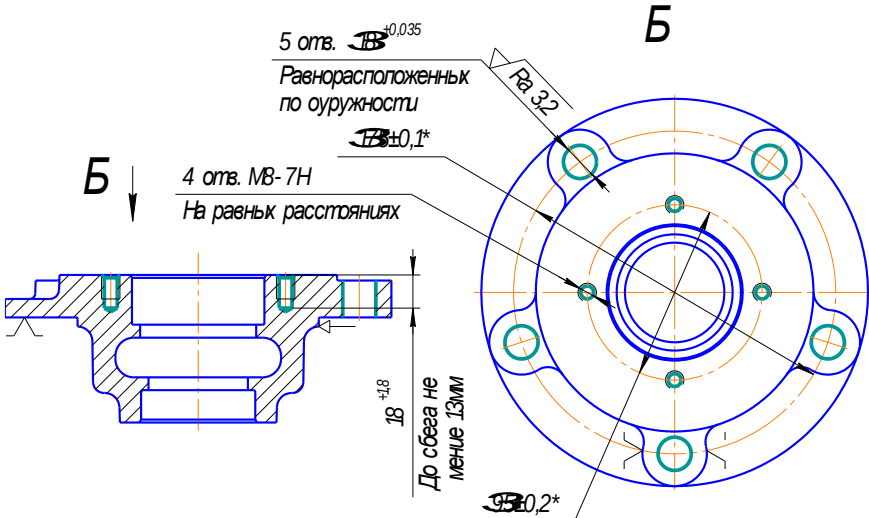
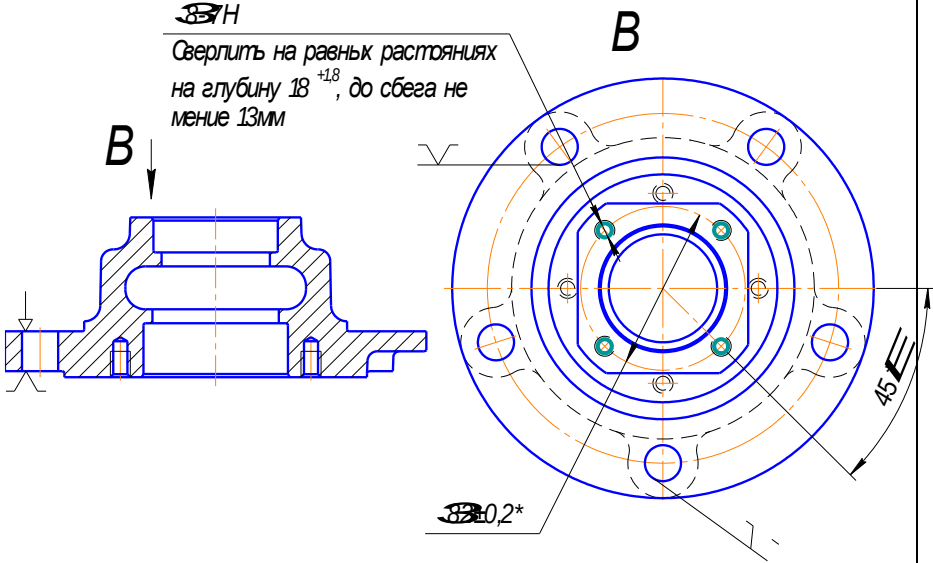
Однако, для обработки ступицы переднего колеса могут возникнуть проблемы с установкой на основание из-за ее сложной формы. Поэтому для операций 010 и 015 требуется использовать дополнительные поверхности для базирования и правильного расположения ушек фланца и резьбовых отверстий. Необходимость этого возникает из-за обеспечения строгого расположения отверстия $\varnothing 18^{+0,035}$ на операции 010 и корректного расположения отверстий с резьбами на операции 015 относительно прочих отверстий на заданной детали.

Составим схемы базирования для обеспечения максимальной точности при изготовлении детали в таблице 5:

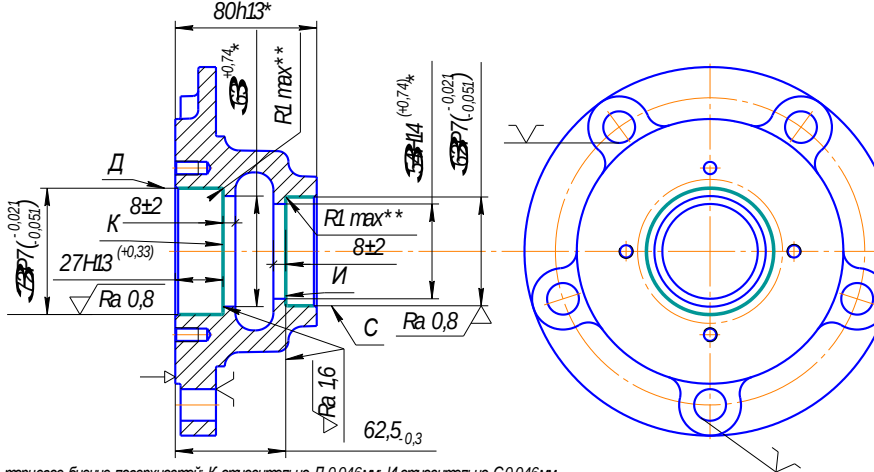
Таблица 5 - Схемы базирования детали

Номер и описание операции	Схемы базирования
Операция 005	
Токарная 8-шп. Установ 1	
Базирование за не обработанные поверхности. С упором в торец большего диаметра для повышения точности базирования	
Операция 005	
Токарная 8-шп. Установ 2	
Базирование за обработанную поверхность, наибольший диаметр с упором в торец. Принцип единства баз соблюдается.	

Продолжение таблицы 5

Номер и описание операции	Схемы базирования
Операция 010	 5 отв. $\varnothing 18^{+0,035}$ Разнорасположенных по окружности 4 отв. $\varnothing 18 \pm 0,1^*$ На равных расстояниях $\varnothing 18 \pm 0,2^*$ Ra 3,2 До сбега не менее 13мм Б-Б
Агрегатная	
Установка детали в плоскости x-z происходит по торцу большего диаметра. Угловое положение ушей фланца по оси у фиксируется откидной планкой. Зажим происходит за диаметр $\varnothing 131$.	
Операция 015	 8 отв. $\varnothing 18 \pm 0,1$ Сверлить на равных расстояниях на глубину $18^{+0,1}$, до сбега не менее 13мм $\varnothing 18 \pm 0,2^*$ 45° Б-Б
Агрегатная	
Базирование на второй агрегатной операции происходит по двум установочным штифтам. Это позволяет с удовлетворительной точностью установить деталь относительно общей оси и резьбовых отверстий с противоположного торца детали. (Недостающие обозначения смотри в техпроцессе.)	

Продолжение таблицы 5

Номер и описание операции	Схемы базирования
Операция 020	
Алмазно-расточная	
Базирование на Алмазно-расточная операции происходит по двум установочным штифтам. Это позволяет с удовлетворительной точностью установить деталь относительно общей оси и препятствует её прокручиванию во время обработки	 1. торцевое биение поверхностей: К относительно Д 0,046мм; И относительно С 0,046мм 2. Допуск несоответствия диаметров С и Д в поперечном и продольном сечениях 0,015мм 3. Взаимное биение поверхностей С и Д допускается не более 0,02мм 4. * размер для справок 5. ** Размер обеспечиваемый инструментом

Малое число больших и точных поверхностей на рассматриваемой детали предполагает использование иных вариантов базирования, но они не обеспечат достаточную точность обработки. При их применении есть вероятность того, что это может привести к увеличению времени механической обработки детали и стать экономически не выгодным.

Во второй части ВКР определен способ получения заготовки, определены основные требования к ней, составлен чертеж (Приложение Г рисунок Г.1). Был составлен план изготовления детали, выбрано оборудование, рассчитаны параметры обработки, определены схемы базирования (Приложение Д рисунок Д.1, Приложение Е рисунок Е.1).

3 Проектирование станочного приспособления

Разрабатываемое приспособление используется для расточки сразу двух поверхностей и отверстий под подшипники $\varnothing 62P7$ и $\varnothing 72P7$. На рисунке 2 показан эскиз использования приспособления:

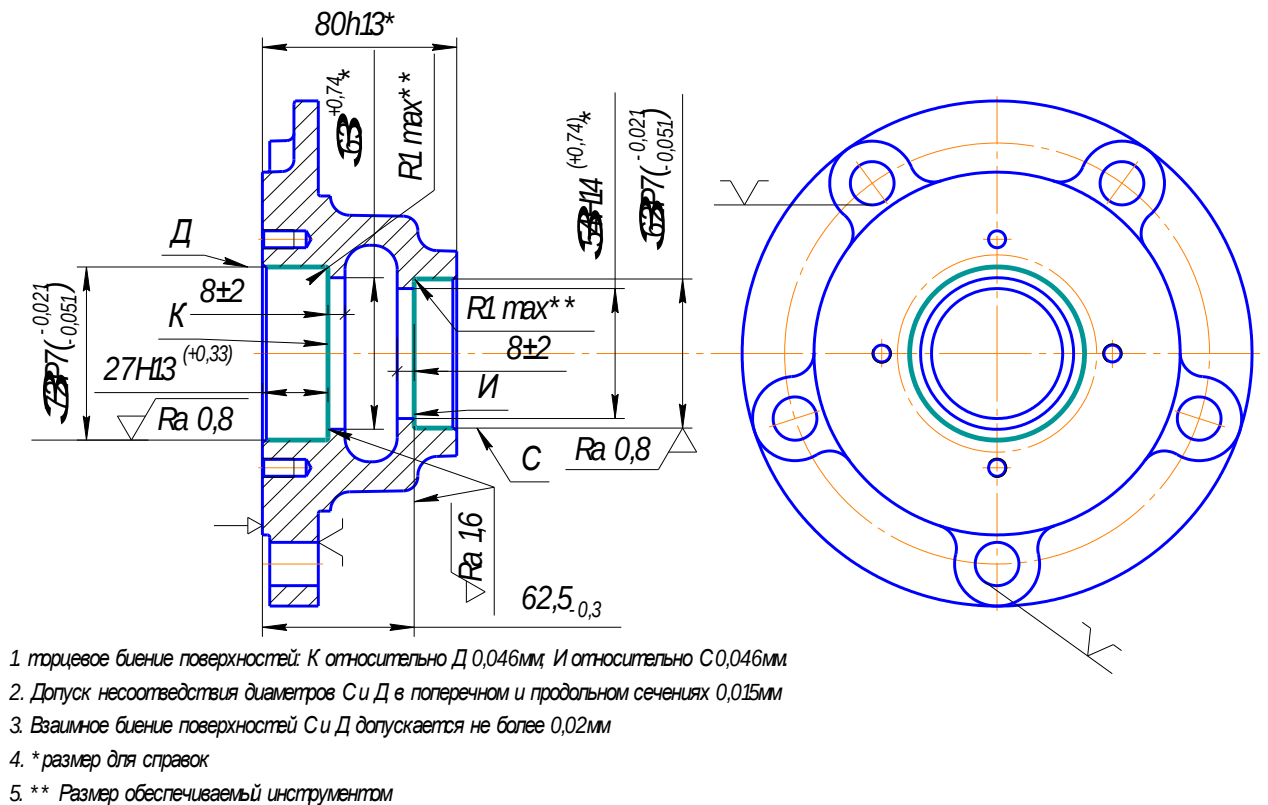


Рисунок 2 – Использование приспособления

Для установки детали на приспособление используются монтажные штифты и монтажная втулка, расположенная в корпусе устройства. С помощью зажима, активируемого рабочим, деталь фиксируется в пневмоцилиндре, после чего поршень и шток перемещаются. В процессе работы вилка наклоняется под определенным углом, что позволяет рычагу и креслу-качалке также наклоняться. Совместное вращение рычага и коромысла происходит до тех пор, пока конец детали не столкнется с коромыслом. Далее, благодаря специальному штифту и осям, кресло-качалка принимает наиболее правильное положение и фиксирует деталь.[7]

В результате такого механизма работы приспособления, деталь может быть обработана с высокой точностью. Однако, следует отметить, что этот процесс может быть довольно длительным и занимать значительное время. Кроме того, использование других схем базирования может привести к необходимости перестановки детали, что также может удлинить процесс механической обработки. Поэтому, для достижения наилучших результатов, необходимо тщательно выбирать схему базирования, оптимизируя процесс и обеспечивая наибольшую точность.

Снятие детали осуществляется путем включения прижима (с помощью рычага, который не отображен на чертеже), в результате чего сжатый воздух направляется в левую часть пневмоцилиндра, а поршень и шток перемещаются вправо, тянут вилочный рычаг и коромысло, которые наклоняются на заданный угол. В процессе, когда поршень перемещается в конец, вилочный рычаг и коромысло переходят в положение, которое необходимо для снятия изготавливаемой детали со штифтов без лишних усилий.[2] Схема работы механизма представлена на рисунке 3:

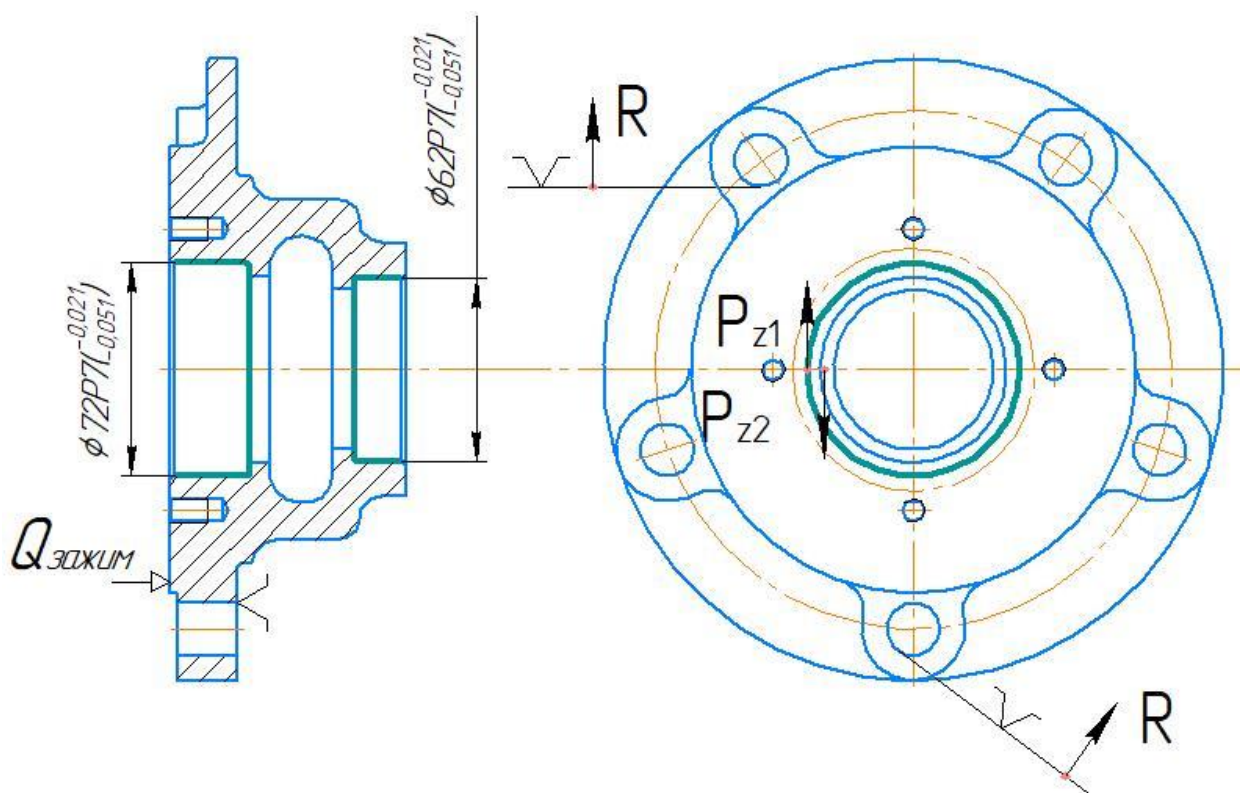


Рисунок 3 - Схема действия сил

Расчёт усилий приспособления для зажима

Расчет усилия зажима заготовки необходим для предотвращения вибрации и сдвига при механической обработке.

Направление сил резания – встречное, которое рассчитывается по формулам 7 и 8:

$$P_{Z1} = 10C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^N \cdot R_p \quad (7)$$

$$P_{Z2} = 10C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^N \cdot R_p \quad (8)$$

где C_p - коэффициент, характеризующий материал заготовки и фрезы;

t^X - стойкость фрезы (мин);

V^N - глубина резания (мм);

S^Y - подача на зуб (мм/зуб);

R_p - ширина фрезерования (мм).

$$P_{Z1} = 10 \cdot 92 \cdot 0.2^1 \cdot 0.05^{0.75} \cdot 116^0 \cdot 1 = 19,5 \text{ Н}$$

$$P_{Z1} = 10 \cdot 92 \cdot 0.2^1 \cdot 0.05^{0.75} \cdot 85^0 \cdot 1 = 19,5 \text{ Н}$$

Момент резания определяется по формуле 9:

$$M_{\text{РЕЗ}} = P_z \cdot \frac{D}{2} \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (9)$$

где P_z - главная составляющая (касательная) силы резания, Н;

D - диаметр фрезы, мм.

$$M_{\text{РЕЗ1}} = 19,5 \cdot \frac{72}{2} = 700 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$M_{\text{РЕЗ2}} = 19,5 \cdot \frac{62}{2} = 600 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Реакция опор определяется по формуле 10:

$$R = M_{\text{рез 1}} - M_{\text{рез 2}} \quad (10)$$

$$R = 700 - 600 = 100 \text{ Н}$$

Принимаем диаметр рабочего пневмоцилиндра 100 мм.

Усилие на штоке пневмоцилиндра определим по формуле 11:

$$P_{\text{ШТ}} = \frac{\pi \cdot D \cdot P_{\text{уд}} \cdot \eta}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,01 \cdot 500000 \cdot 0,9}{4} = 3532 \text{ Н} \quad (11)$$

где $P_{\text{уд}}$ – рабочее давление воздуха в пневмосистеме, Па.;

η – КПД пневмосистемы;

D - диаметр рабочего пневмоцилиндра.

Усилие зажима определяется по формуле 12:

$$Q_{\text{ЗАЖ}} \cdot L_1 = P_{\text{ШТ}} \cdot L_2 \quad (12)$$

где L_1 и L_2 - длина рычагов зажимов, мм.

$$Q_{\text{ЗАЖ}} = \frac{P_{\text{ШТ}} \cdot L_2}{L_1} = \frac{3532 \cdot 75}{185} = 1432 \text{ Н}$$

Для того, чтобы рассчитать точность проектируемого приспособления необходимо произвести вычисление погрешности при его установке ϵ_y , в нее входят три погрешности:

- базирования ϵ_6 ,
- закрепления ϵ_3
- положения объекта $\epsilon_{\text{пр}}$.

Все эти погрешности носят случайный характер, поэтому ϵ_y равно:

$$\epsilon_y = \epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{пр}}^2$$

Вычисление погрешности базирования выполним по формуле 13:

$$\epsilon_6 = 2 \cdot e - \delta_1 + \delta_2 + 2 \cdot \Delta \quad (13)$$

где e - эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия;

δ_1 - допуск на диаметр отверстия;

δ_2 - допуск на диаметр пальца;

Δ - минимальный радиальный зазор при посадке заготовки на палец.

В нашем случае $e = 0.01$ мм, $\delta_1 = 0.021$ мм, $\delta_2 = 0.061$ мм, $\Delta = 0.040$ мм.

Тогда:

$$\epsilon_6 = 2 \cdot 0.01 - 0.021 + 0.061 + 2 \cdot 0.040 = 0.14 \text{ мм.}$$

Вычисление погрешности закрепления составим по формуле 14:

$$\epsilon_3 = (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}) \cdot \cos \alpha \quad (14)$$

где Y_{max} и Y_{min} - максимальное и минимальное смещение заготовки под действием силы зажима приспособления;

α - угол между необходимым размером и направлением действия силы зажима.

В проектируемом приспособлении для заданного размера измерительная база перемещается при зажиме заготовки в собственной плоскости, следовательно $\varepsilon_3 = 0$, так как ($\alpha = 90^\circ$).

Точность изготовления и степень износа установочных узлов влияет на погрешность положения объекта $\varepsilon_{пр}$. Расчет произведем по формуле 15:

$$\varepsilon_{пр} = T - K_T (K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{и}^2 + (K_{T2} \cdot w)^2 \quad (15)$$

где $T = 0.2$ - допуск операционного размера; $K_T = 1.1$;

$K_{T1} = 0.85$ - коэффициент, зависящий от качества настройки станка;

ε_6 - погрешность базирования;

ε_3 - погрешность закрепления;

$\varepsilon_y = 0.02$ мм - погрешность установки приспособления;

$\varepsilon_{и}$ - погрешность износа установочных элементов.

Расчет ведем по формуле 16:

$$\varepsilon_{и} = U_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_{\phi} / N \quad (16)$$

где $U_0 = 0.05$ мм - средний износ установочных элементов при 100000 установках и силе зажима в 10000 Н;

K_1, K_2, K_3, K_4 - коэффициенты, принимаемые в зависимости от материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки. Данные коэффициенты выбираем из таблицы -

$K_1 = 0.95, K_2 = 1.25, K_3 = 1, K_4 = 2.4, K_{\phi} = 1.5$.

В этом случае:

$$\varepsilon_{и} = 0.05 \cdot 0.95 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 2.4 \cdot 1.5 / 100000 = 0.000002 \text{ мм.}$$

$$K_{T2} = 0.7;$$

$w = 0.15$ мм - точность обработки (при сверлении по кондуктору w соответствует 12 качеству по диаметру).

Тогда:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0.2 - 1.1 (0.85 \cdot 0.14)^2 + 0.02^2 + 0^2 + 0.000002^2 + (0.7 \cdot 0.15)^2 = 0.083 \text{ мм.}$$

Получаем, что:

$$\varepsilon_y = 0.14^2 + 0^2 + 0.083^2 = 0.163 \text{ мм} < 0.2 \text{ мм.}$$

Разрабатываемое приспособление, при проведении всех проверок обеспечивает необходимую точность установки рассматриваемой заготовки.

В третьей части ВКР спроектировано и рассчитано приспособление для расточки двух отверстий под подшипники $\varnothing 62\text{P7}$ и $\varnothing 72\text{P7}$. Данное приспособление позволяет уменьшить время на обработку детали (Приложение Ж рисунок Ж.1). Так же выполнена спецификация для станочного приспособления (Приложение И рисунок И.1, И.2).

4 Проектирование режущего инструмента

Необходимо разработать резец для расточки, который будет оснащен сменной многогранной пластиной. Резцы такого типа имеют несколько преимуществ по сравнению с резцами, где используется напайная пластина. В частности, такие резцы позволяют экономить инструментальный материал, а также увеличивают срок службы инструмента, исключая необходимость выполнения операции пайки. Кроме того, замена затупившегося инструмента происходит быстрее, а использование державки резца повторно позволяет экономить конструкционную сталь.[8] Однако следует отметить, что режущая пластина может сколоться, что приведет к поломке державки резца, и, соответственно, к невозможности использования инструмента. Для исключения такой ситуации в современных конструкциях фрез применяются опорные или предохранительные пластины, которые устанавливаются под режущей пластиной в специальный паз держателя, закрепляемые с помощью крепежного винта.

Инструментальные материалы являются ключевыми элементами для улучшения режущих свойств инструмента и повышения эффективности производства, обеспечивая точность и качество обработки деталей. Для достижения высоких режущих свойств, инструментальные материалы должны соответствовать нескольким требованиям:

- иметь высокую термостойкость и износостойкость;
- обладать высокой прочностью и долговечностью;
- возможность обработки в различных температурных режимах;
- иметь определенные свойства при термической обработке;
- обладать достаточной теплопроводностью и низкой чувствительностью к колебаниям температуры;
- быть экономически выгодными.

Твердые сплавы производятся методом порошковой металлургии, в процессе которого в жидком состоянии расплавляются карбиды вольфрама,

карбиды или карбонитриды титана или комплексные карбиды вольфрама, титана и тантала, а также цементирующие элементы, такие как кобальт и никель. Для обработки ступицы трактора рекомендуется использовать твердый сплав Т14К8 в качестве материала режущей пластины в сборном резце. Для изготовления державки резца используется сталь 40Х (прочность $\sigma_{\text{в}}=520$ МПа), а для материала прихвата и крепежных винтов используется сталь 45. Опорную пластину следует изготавливать из твердого сплава ВК15, который прочнее, чем материал режущей пластины. Для механической обработки детали стали 35 следует выбрать следующие материалы резца: материал режущей пластины – Т14К8, материал опорной пластины - ВК15, материал державки – Сталь 40Х, материал прихвата и крепежных винтов – Сталь 45.[4]

Геометрические параметры резцов играют важную роль в процессе резания металлов.

Некоторые из основных параметров включают:

- Угол резца - угол между главной режущей кромкой и направлением подачи. Этот угол может иметь как положительное, отрицательное значение, так и равным нулю.

- Угол задней поверхности – это угол между задней поверхностью и осью резца. Этот угол может иметь как положительное, отрицательное значение, так и равным нулю.

- Высота резца - расстояние между вершиной режущей кромки и осью резца.

- Угол наклона резца - угол между главной режущей кромкой и плоскостью, перпендикулярной к оси резца.

- Ширина резца - расстояние между главной и вспомогательной режущими кромками.

- Радиус вершины резца - радиус, образующий вершину режущей кромки.

Как правило, для обработки различных материалов требуются резцы с различными геометрическими параметрами. Например, для обработки твердых материалов необходимы резцы с более крутыми углами резания, а для обработки мягких материалов можно использовать резцы с более малыми углами резания. Кроме того, важно правильно выбирать материал резца и осуществлять его правильное охлаждение, чтобы обеспечить оптимальные условия резания и увеличить срок службы инструмента.[3]

Элементы рабочей части токарного резца приведены на рисунке 4:

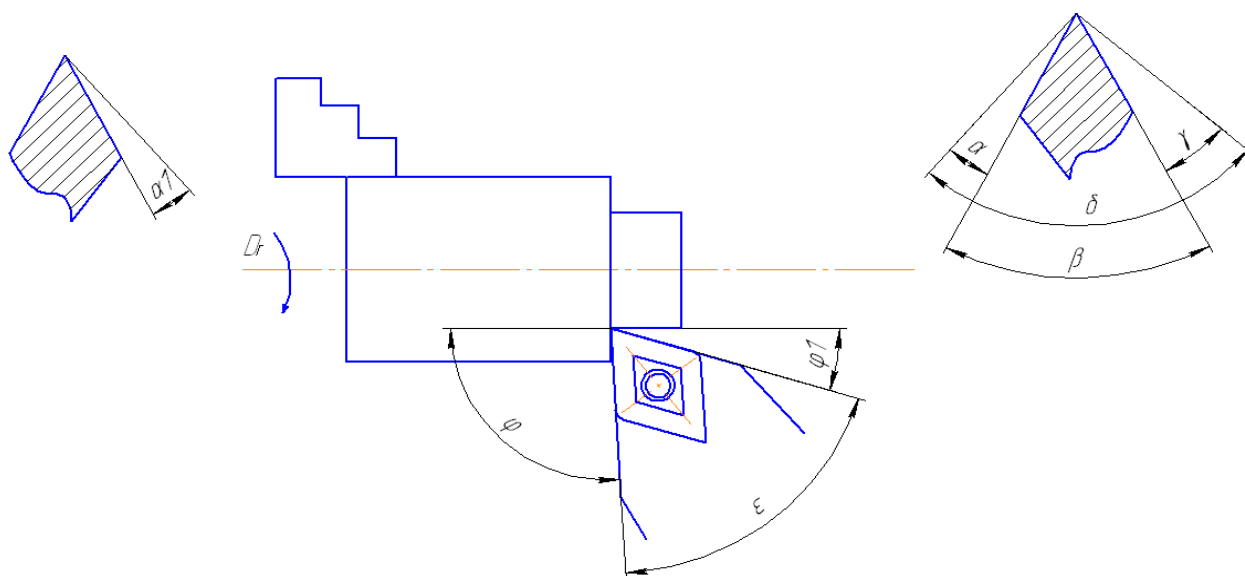


Рисунок 4 - Основные элементы и геометрия токарного резца

Для определения расположения передних и задних поверхностей головки резца следует учитывать геометрические параметры относительно главной поверхности, как это предусмотрено в ГОСТ 25751-83. Величина угла наклона λ главной режущей кромки принимаем как положительное, отрицательное, а так же равно нулю значение, они влияют на размеры стружки, направление ее схода и прочность резца.[5] При расположении режущей кромки в той же плоскости, что и основная, угол λ равен 0. Главный угол в плане ϕ показывает на зависимость между шириной и толщиной среза при тех же значениях подачи и глубины резания. Для достижения

благоприятной работы инструмента, используем значениями угла φ , согласно таблице 6:

Таблица 6 - Рекомендуемые значения углов φ ,⁰

Обработка	l/d	φ
Чистовая в жестких условиях	-	10...20
Черновая в жестких условиях	До 6	30...45
Черновая в нежестких условиях	6...12	60...75
Длинных заготовок малого диаметра	Более 12	90

Выберем $\varphi = 90^0$

Вспомогательный угол в плане φ_1 при жесткой технологической системе принимаем в пределах $\varphi_1 = 10...15^0$, при нежесткой системе - $\varphi_1 = 20...30^0$, а при обработке с врезанием $\varphi_1 = 30...45^0$. Выберем $\varphi_1 = 30^0$,

Переходную режущую кромку выполняют по радиусу или в виде фаски под углом $\varphi_0 = \varphi/2$ и длиной $f = 0,5...3,0\text{мм}$ в зависимости от размеров резца.

Задний угол на переходной кромке $\alpha_0 = \alpha$. Выберем $f = 2,0\text{мм}$

Главный передний угол γ уменьшает излом стружки, оказывает влияние на величину и направление сил резания, прочность режущей кромки, стойкость резца и качество обрабатываемой поверхности. Выберем $\gamma = 12^0$.

Главный задний угол α выбираем в зависимости от используемого материала. Выберем $\alpha = 5^0$.

Вспомогательный задний угол α_1 принимаем равным главному заднему углу: $\alpha_1 = \alpha = 5^0$.

Значение радиуса кончика фрезы влияет на ее работу, аналогично, как и угол наклона. Увеличение радиуса - улучшается качество обработки и срок

долговечности фрезы. Рекомендуемые радиусы вершин резцов приведены в таблице 7. Выбираем 2 мм.

Таблица 7 - Радиусы вершин резцов, мм

Резцы	Типы	Размеры державок НхВ					
		6х6, 8х8	10х16, 12х20	16х25, 20х25	25х25, 20х30	25х40, 30х30	30х45, 40х40, 40х60
Проходные прямые и отогнутые, $\varphi^0 = 45^\circ$	Чистовые	-	1,0	2,0	2,0	3,0	-
	Обдирочные	-	0,5	1,0	1,0	1,5	-
Упорные, $\varphi^0 = 90^\circ$	Чистовые	0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0					-
	Обдирочные	-	0,5	1,0	1,0	1,5	-
Расточные для сквозных отвер- стий	Чистовые	-	1,0	1,5	1,5	-	-
	Обдирочные	-	0,5	1,0	1,0	1,5	-
Расточные для глухих отвер- стий	Чистовые	0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0					-
	Обдирочные	-	0,5	1,0	1,0	-	-

Из таблицы 7 видно, что радиусы вершин резцов зависят от типа резцов и сечения державок.

Для проходных прямых резцов с углом режущей кромки $= 45^\circ$, радиусы вершин для чистовых резцов не указаны, а для обдирочных резцов радиусы вершин составляют 0,5 мм, 1,0 мм, 1,5 мм.

Для упорных резцов с углом режущей кромки $= 90^\circ$, радиусы вершин для чистовых резцов составляют от 0,1 мм до 3,0 мм, а для обдирочных резцов радиусы вершин составляют от 0,5 мм до 1,5 мм.

Для резцов с сечением державок 10х16 мм и 12х20 мм, радиусы вершин для резцов размером 6х6 мм и 8х8 мм не указаны, а для остальных размеров резцов радиусы вершин указаны в таблице 10.

Для резцов с сечением державок 16х25 мм и 20х25 мм, радиусы вершин указаны для всех размеров резцов в таблице 10.

Для резцов с сечением державок 25х25 мм, 20х30 мм, 25х40 мм, 30х30 мм, 30х45 мм, 40х40 мм и 40х60 мм, радиусы вершин указаны для всех размеров резцов в таблице 10.

Главная режущая кромка резца является основным элементом, выполняющим резание материала. Она должна быть острой, т.к. при этом снижается сила резания. Однако на практике у главной режущей кромки всегда есть некоторый радиус скругления режущей кромки, который обычно обозначается как ρ (рисунок 5). Такой радиус необходим для увеличения прочности режущей кромки и предотвращения ее быстрого износа.[6]

Износ главной режущей кромки происходит по мере ее использования и зависит от условий резания, таких как скорость резания, глубина резания и подача. При использовании резцов с большим радиусом скругления увеличивается сила резания, однако такие резцы имеют более высокую прочность и дольше сохраняют свою остроту.

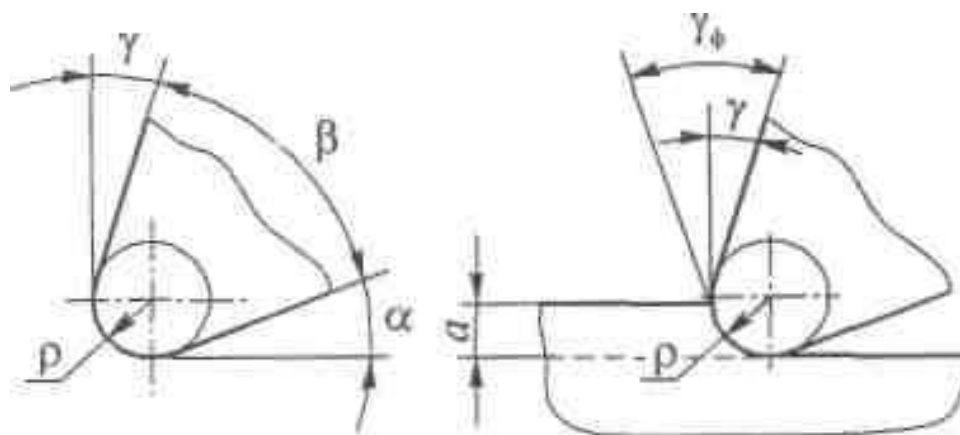


Рисунок 5 - Форма режущей кромки резца в поперечном сечении и схема ее влияния на величину переднего угла

Радиус скругления режущей кромки ρ значительно влияет на процесс резания металла. Это происходит из-за того, что радиус скругления оказывает влияние на передний угол режущей кромки, что в дальнейшем влияет на процесс образования стружки и качество поверхности обработанной детали.[4] При увеличении радиуса скругления передний угол уменьшается, что может увеличить прочность режущей кромки, снизить деформацию стружки и улучшить качество поверхности обработанной детали. В то же время, слишком большой радиус скругления может привести к вибрациям и снижению производительности резания. Поэтому необходимо подбирать оптимальное значение радиуса скругления для конкретных условий обработки.

Передняя часть лезвия имеет плоскую или криволинейную поверхность, лезвие с плоской поверхностью зачастую применяют для обработки твердых металлов, а криволинейную - для резания мягких материалов или материалов с неровной поверхностью. При передней криволинейной форме лезвия уменьшается сила резания и повышается качество обработки.[7] Кроме того, криволинейная поверхность может помочь уменьшить износ режущей кромки и повысить ее стойкость. Однако, при использовании криволинейной

поверхности лезвия следует учитывать, что она может усложнить процесс заточки и требовать более высокой точности при обработке.

Режущие элементы инструмента крепятся к корпусам с помощью сварки, пайки (твердосплавные пластины) и механического зажима (пластинчатые резцы). Выбор метода соединения зависит от материала резца, типа операции, условий резания и других факторов. Сварка часто используется для быстрорежущих сталей, так как она обеспечивает прочное соединение и хорошую теплопроводность. Пайка подходит для твердых сплавов и СТМ, так как позволяет сохранить их высокую твердость при высоких температурах. Механический зажим часто применяется для пластинчатых резцов, так как он позволяет легко заменять и переставлять режущие пластины.[6]

Для сборного проходного резца выбираем геометрические параметры:

- угол наклона главной режущей кромки $\lambda=0$, главный угол в плане $\varphi = 90^0$;
- вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 30^0$;
- задний угол и длину режущей кромки.

Соответственно $\alpha_0 = \alpha = 5^0$ и $f = 2,0\text{ мм}$, главный передний угол $\gamma = 12^0$, главный задний угол $\alpha = 5^0$, вспомогательный задний угол $\alpha_1 = \alpha = 5^0$, радиус вершины резца 2 мм, радиус скругления главной режущей кромки $\rho = 10\text{ мкм}$, упрочняющая ленточка передней поверхности лезвия $f = 0,2\text{ мм}$.

Для режущего инструмента, оснащенного многогранными пластинами без задних углов, определение параметров крепления пластин в корпусе приводится к решению следующих задач.

Установления положения плоскости N-N (рисунок 6), расположенной под углом β относительно главной режущей кромки. В данной плоскости необходимо повернуть пластину на угол μ [1] для определения заданного главного α и вспомогательного α_1 задних углов. Приведенных данных достаточно для проектирования паза под пластину резцов.

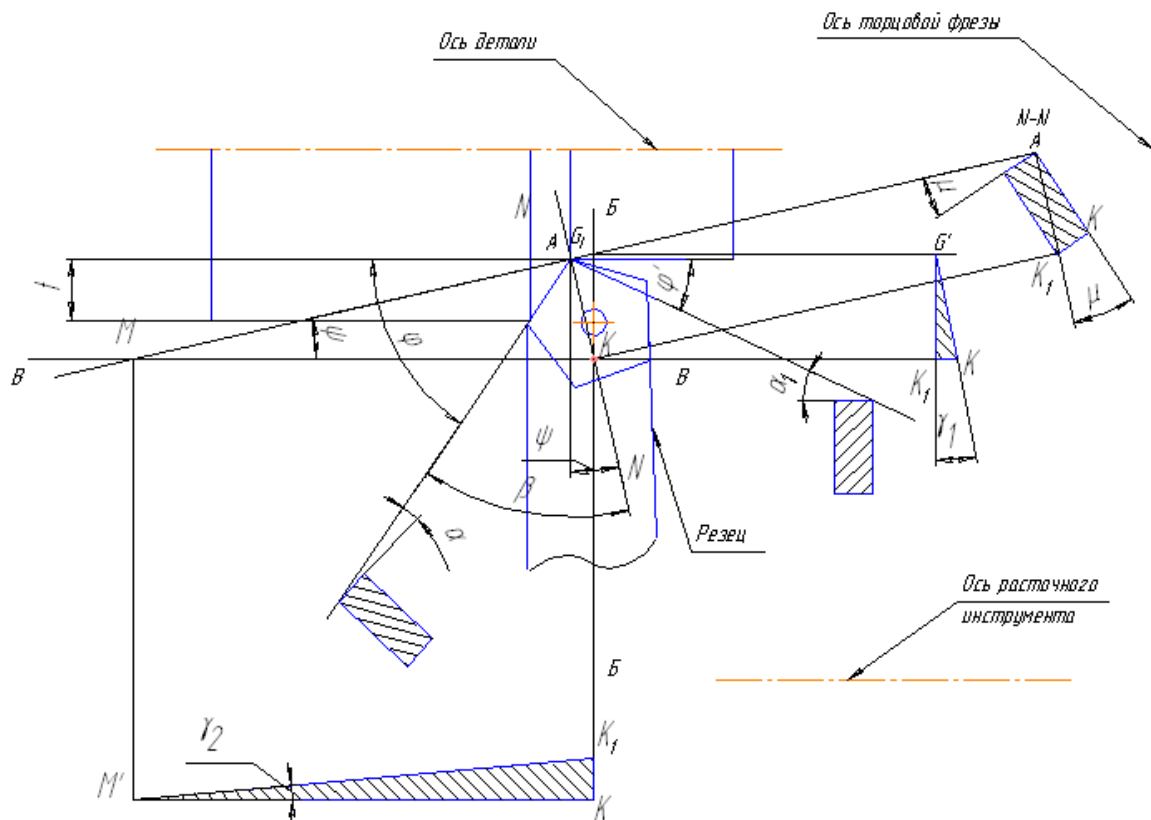


Рисунок 6 - Положение гнезда под пластину

Угол при вершине пластины $\varepsilon = 60^\circ$.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1 \sin \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha \cos \varepsilon} = \frac{\operatorname{tg} 5 \sin 60}{\operatorname{tg} 5 + \operatorname{tg} 5 \cos 60} = 0,57$$

Угол $\beta = 30^\circ$

Угол μ рассчитываем по формуле 17:

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \beta} = \frac{\operatorname{tg} 5}{\sin 35} \quad (17)$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \beta} = \frac{\operatorname{tg} 5}{\sin 35} = 0.174 \quad \mu = 10 \text{ градусов.}$$

Определенные углы μ и β необходимые для фрезерования паза под пластину в корпусе резца.

Вместо угла β практичнее применять угол ψ между прямой, перпендикулярной к оси детали, и плоскостью N-N:

$$\psi = \varphi + \beta - 90^\circ = 110^\circ + 35^\circ - 90^\circ = 55^\circ.$$

Для обработки паза корпус резца закрепляют в поворотных тисках и поворачивают в горизонтальной плоскости на угол ψ , а в вертикальной на угол μ .

Спроектированный резец обладает более лучшими параметрами для резания материала детали, отличается более точными рассчитанными параметрами углов резания и формой самого резца.

В четвертой части рассмотрены параметры режущего инструмента, определены значимые показатели и на основании этого сконструирован резец, который в полной мере удовлетворяет спроектированному технологическому процессу (Приложение К рисунок К.1).

5 Безопасность и экологичность проекта

В данном разделе дипломного проекта будут рассматриваться следующие вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте оператора станка с ЧПУ:

- характеристика производственного объекта;
- анализ опасных и вредных производственных факторов;
- мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии;
- мероприятия по пожарной безопасности;

Оператор станка с числовым программным управлением должен соблюдать правила техники безопасности при работе на оборудовании.

При эксплуатации станков с ЧПУ на каждом этапе производственного процесса действуют свои правила, соблюдая которые, можно свести к минимуму риск производственного травматизма или профессионального заболевания.

Повторный инструктаж по охране труда проводится не реже одного раза в три месяца.

На территории предприятия необходимо соблюдать правила внутреннего трудового распорядка. Обращать внимание на предупреждающие указатели и знаки безопасности, размещенные на территории предприятия, в цехах.[26]

Необходимо соблюдать установленный на предприятии режим труда и отдыха.

Для нормального и безопасного выполнения работ, работнику необходимо использовать средства индивидуальной защиты.[27]

Обработанные детали должны быть надежно закреплены в патроне, а само приспособление должно быть надежно закреплено на шпинделе станка или в патроне станка.

Установку, демонтаж деталей, приспособлений, инструментов, измерение деталей следует выполнять только тогда, когда рабочие органы

станка находятся в исходном положении, после окончания обработки детали и полной остановки инструмента.

Во время работы машины нельзя открывать и снимать защитные стенки машины.

При работе необходимо соблюдать чистоту - использованную ветошь, вспомогательные и режущие инструменты, а так же различные принадлежности необходимо удалить.

Нельзя допускать на свое рабочее место лиц, не имеющих отношения к выполняемой работе.[26]

Не отвлекаться от своих прямых обязанностей и не отвлекать других.

Очистка машин и деталей от стружки осуществляется с помощью щетки, крючка или скребка - использование сжатого воздуха для удаления стружки запрещено. При удалении стружки использовать средства индивидуальной защиты (защитные очки).

Чистку машины, приспособлений и регулировку выполнять вручную при полной остановке машины.

Запуская станок для обработки детали, необходимо убедиться, что это не ставит под угрозу жизнь других работников.

Использование подъемных машин, управляемых с пола, необходимо соблюдать требования инструкции.

Сборку и разборку режущего инструмента следует производить на верстаке, с помощью исправного инструмента, при необходимости используйте слесарные тиски.[29]

Во избежание травмирования рук устанавливайте и извлекайте режущий инструмент из инструментального магазина и шпинделя с особой осторожностью.

При обнаружении напряжения (ощущения тока) на металлических деталях машины немедленно сообщите об этом мастеру.

При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ запрещается изменять режимы резания при работе в автоматическом режиме. Сообщайте о любых ошибках в управляющей программе инженеру-программисту.[28]

При выполнении работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования, работники могут подвергаться воздействию вредных и опасных производственных факторов:

- движущиеся машины и механизмы, перемещающие изделия, заготовки, материалы;
- движущиеся части технологического оборудования;
- острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности технологического оборудования;
- падающие предметы (элементы технологического оборудования);
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны (до 0,5-0,8% пыли, до 0,4% углекислого газа и до 0,0015% монооксида углерода);
- повышенная или пониженная температура поверхности технологического оборудования (до 120 °С);
- повышенный уровень шума на рабочем месте (до 50-60 дБ);
- повышенный уровень вибрации (до 70-75 дБ);
- повышенная или пониженная влажность (норма 30-45%);
- воздействие электрического тока, который может проходить через тело сотрудника (потенциальное значение напряжения – 0,4 кВ, сила тока - 25 А);
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенный уровень электромагнитного излучения;
- повышенная напряженность электрического поля (10 кВ/м);
- повышенная напряженность магнитного поля (до 40 А/м);
- отсутствие или недостаточность естественного освещения (до 20 люкс).

Факторы, которые могут нанести вред здоровью работников, включают повышенную запыленность и загазованность воздуха, шум и вибрацию, недостаточную освещенность и другие аналогичные факторы. Чтобы обеспечить безопасность на проектируемой площадке, оборудование должно проходить регулярный технический осмотр, чтобы гарантировать его соответствие требованиям экологической безопасности и сохранность. Кроме того, оборудование, используемое на площадке, должно быть оборудовано специальными защитными устройствами, чтобы предотвратить травмы у работников.[3]

В производственных помещениях микроклимат формируется температурой, скоростью воздуха, влажностью, барометрическим давлением и интенсивностью теплового излучения. Чтобы обеспечить комфортную и безопасную среду на рабочем месте, уровень шума должен быть меньше 80 дБ. Помимо этого, при возникновении пожара на участке должны присутствовать первичные средства пожаротушения и обозначенные эвакуационные выходы.[10]

Для безопасного проведения работ на участке следует обеспечить искусственную и естественную вентиляцию, а также местную вентиляцию для удаления пыли, мелкой стружки и взвешенной охлаждающей жидкости из рабочей места. Для предотвращения травм на производстве, обрабатываемые детали должны быть надежно закреплены на шпинделе или в патроне станка. Установку, извлечение деталей, приспособлений, инструментов, измерение деталей необходимо выполнять только при остановленных рабочих органах станка и после полной остановки инструмента.[4] Защитные и предохранительные устройства не следует снимать во время работы станка. Также необходимо соблюдать чистоту на участке - использованные ветошь, вспомогательный и режущий инструмент, а так же приспособления должны быть убраны.

Очистка станка и приспособлений, а также настройка должны выполняться вручную только при полной остановке станка. При запуске

станка необходимо убедиться, что это не создаст угрозы для жизни других работников. При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ запрещено изменять режимы резки в автоматическом режиме, и любые ошибки в управляющей программе следует сообщать инженеру-программисту.[10] Промышленные загрязнения могут негативно влиять на окружающую среду и биосферу в целом, поэтому важно предотвращать их образование и развитие.

На предприятии необходимо использовать специальные материалы и конструкции для снижения шума и вибрации. Также следует предусмотреть регулярную проверку и обслуживание оборудования, чтобы избежать повышенного уровня шума и вибрации. Нормы ультразвука и инфразвука также должны соблюдаться, и в случае превышения должны быть предприняты меры для их снижения.[10]

Кроме того, предприятия машиностроения должны соблюдать законодательство и стандарты в области охраны окружающей среды и принимать меры для уменьшения негативного влияния своей деятельности на биосферу. Это может включать в себя использование экологически чистых технологий, установку средств очистки воздуха и воды, а также правильную утилизацию твердых отходов.

В пятом разделе рассмотрены опасные и вредные производственные факторы, которые появляются при изготовлении заданной детали согласно разработанному технологическому процессу, описаны принимаемые меры и средства индивидуальной защиты для предотвращения травмирования работников.

6 Экономическая эффективность проекта

Цель данного исследования заключается в расчете технико-экономических показателей проекта, а также в проведении сравнительного анализа с базовым вариантом для определения экономического эффекта от внедрения предложенных технических решений. В качестве исходных данных использовались параметры оборудования, такие как модель, основное и штучное время, а также названия инструментов и принадлежностей, которые были получены из предыдущих разделов работы.

Для сбора дополнительной информации использовались различные источники, такие как паспорт машины, данные компании о расценках на электроэнергию, интернет-ресурсы с расценками на оборудование и инструменты, а также другие источники.

Помимо этого, для расчета показателей использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, благодаря которому произведены необходимые расчеты: капитальные вложения, технологическая стоимость операций, расчет стоимости обработки детали, затраты и выбор оптимального варианта. Рассчитаны показатели экономической эффективности разрабатываемого технологического процесса.

Основные итоги проведенных расчетов (рисунок 7) указывают величины и значения, из которых суммируются капитальные вложения, они составляют 421426 рублей.

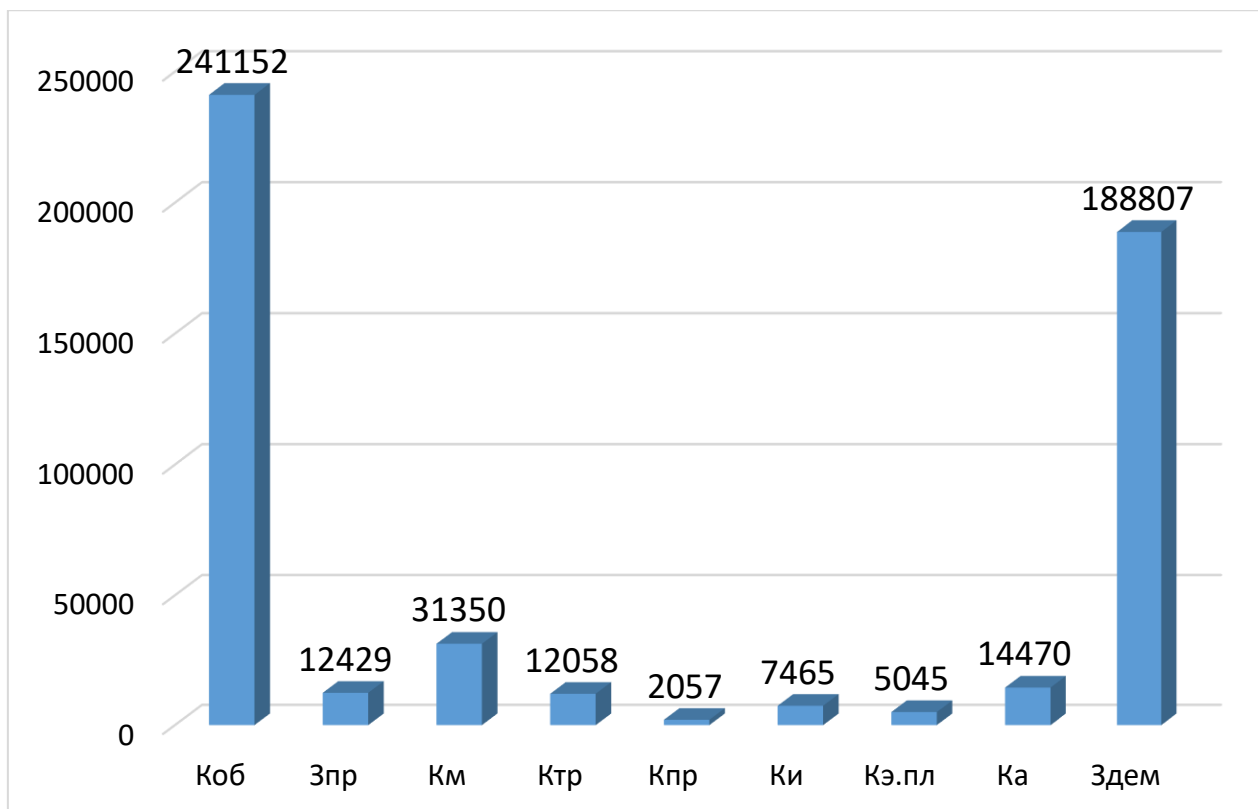


Рисунок 7 – Сумма затрат на капитальные вложения, разрабатываемого проекта, руб.

Анализируя данные, представленные на рисунке 7 можно сделать вывод - наибольшую сумму капитальных вложений составляют два показателя: затраты на основное технологическое оборудование (КОБ), которые составляют 57,4%, и затраты на демонтаж заменяемого оборудования (ЗДЕМ), которые соответствуют 44,91%.

В то же время, все остальные показатели, такие как покупка приспособления (КПР), затраты на разработку (ЗПР), затраты на доставку и монтаж нового оборудования (КМ), затраты на транспортные средства (КТР), затраты на инструмент (КИ), затраты на производственную площадь (КЭ.ПЛ), затраты на управляющую программу (КА), не превышают даже 8%.

На рисунке 8 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали "Ступица" для двух сравниваемых вариантов технологического процесса.

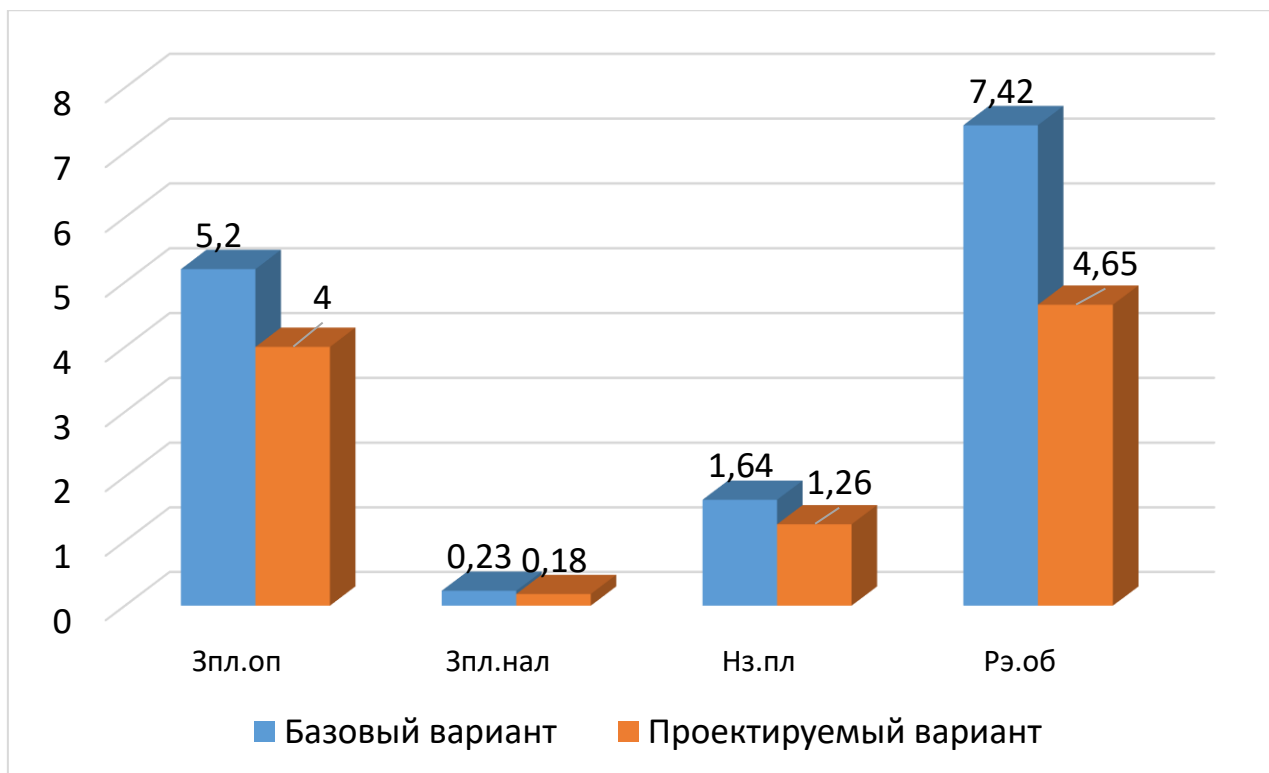


Рисунок 8 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Ступица транспортной тележки», по вариантам, руб.

Как показано на рисунке 8, значение основных материалов без учета отходов не учитывалось при расчете указанного параметра, поскольку способ получения заготовки оставался неизменным при улучшении технологического процесса. Следовательно, это значение остается неизменным, и определение разницы в себестоимости между вариантами не будет учитывать этот фактор. Результаты расчета себестоимости обработки детали "Ступица" для двух вариантов технологического процесса представлены на рисунке 9.

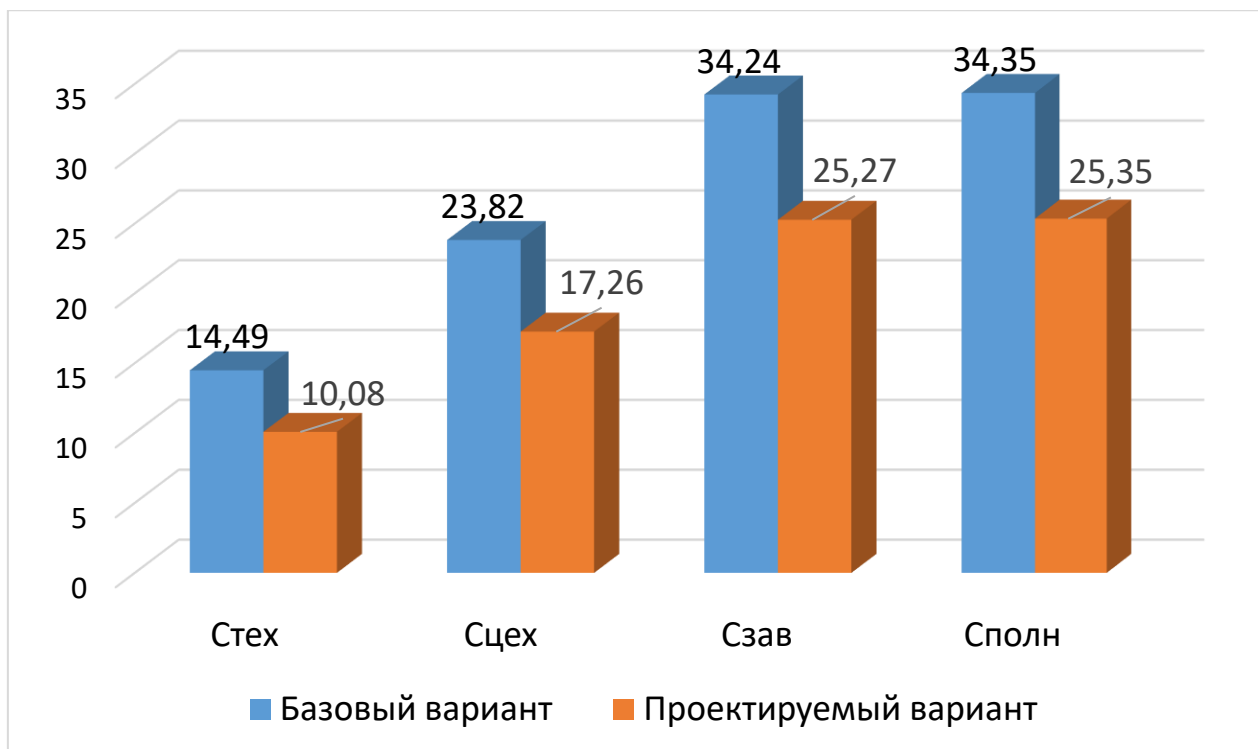


Рисунок 9 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 9 значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 34,35 рубля, а для проектируемого варианта 25,35 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 420426,68 рублей, окупятся в течение четырех лет. Такой срок является допустимым для совершенствования технологического процесса.

В шестой главе ВКР рассчитана стоимость производства детали, согласно разработанному технологическому процессу, произведена оценка снижения себестоимости по сравнению с базовым процессом изготовления, тем самым доказана экономическая эффективность проекта.

Заключение

Для конкретных производственных условий и имеющегося оборудования в цехах, был разработан заводской технологический процесс, учитывающий износ оборудования. В рамках предлагаемого технологического процесса был заменен комплекс трех токарных операций на токарный 8-шпиндельный полуавтомат, с целью уменьшения станков и рабочих, а также снижения затрат на электроэнергию и повышение производительности труда.

Для расточки отверстий под подшипники было разработано приспособление, позволяющее производить обработку одновременно двух отверстий. Кроме того, был произведен проект резца, опираясь на соответствующие стандарты и методики расчета параметров. Оценка экономических показателей продемонстрировала выгоду принятых технических решений, а проблемы безопасности технологического процесса были решены путем его анализа на соответствие стандартам и разработки соответствующих мер.

Таким образом, в результате проведенной модернизации технологического процесса по изготовлению детали "Ступица" были достигнуты значительные экономические эффекты, такие как увеличение производительности труда, сокращение затрат на оборудование и энергоносители, а также снижение себестоимости обработки детали. Кроме того, принятые технические решения позволили обеспечить безопасность производственного процесса в соответствии с установленными стандартами.

Список используемых источников

1. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Уч. / Б.М. Базров. - М.: Инфра-М, 2019. - 492 с.
2. Ковшов А.Н. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учеб. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 320 с.
3. Зубарев, Ю.М. Динамические процессы в технологии машиностроения. Основы конструирования машин: Учебное пособие / Ю.М. Зубарев. - СПб.: Лань, 2018. - 212 с.
4. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 352 с.
5. Клепиков, В.В. Основы технологии машиностроения: Учебник / В.В. Клепиков, А.Г. Схиртладзе, В.Ф. Солдатов. - М.: Инфра-М, 2018. - 224 с.
6. Мельников, А.С. Научные основы технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин и др. - СПб.: Лань, 2018. - 420 с.
7. Суслов, А.Г. Основы технологии машиностроения (для бакалавров) / А.Г. Суслов. - М.: КноРус, 2018. - 384 с.
8. Сибикин М.Ю., Сибикин Ю.Д. Основы проектирования машиностроительных предприятий, 2021. – 226 с.
9. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Расчет допусков размеров, 2021. – 284 с.
10. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование заготовительных и складских производств машиностроительных предприятий, 2020. – 284 с.
11. Солнцев Ю.П., Нирайнен В.Ю., Вологжанина С.А. Материаловедение специальных отраслей машиностроения, 2020. – 324 с.
12. Завистовский С.Э. Обработка материалов и инструмент, учебное пособие, 2019. – 326 с.
13. Богодухов С.И., Сулейманов Р.М., Проскурин А.Д. Технологические процессы в машиностроении, Учебник для вузов, 2021. – 326 с.

14. Динамика вибрационных технологических процессов, Пановко Г.Я., 2019. – 422 с.
15. Братан С.М., Левченко Е.А. Автоматическое управление процессами механической обработки, 2018. – 264 с.
16. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения, 2020. – 246 с.
17. Технология литейного производства, Категоренко Ю.И., Филиппенков А.А., Мнляев В.М., 2018. – 226 с.
18. Зубарев Ю.М., Юрьев В.Г. Инструменты из сверхтвердых материалов и их применение, учебное пособие, 2018. – 324 с.
19. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения, 2017. – 344 с.
20. Завистовский С.Э. Технологическое оборудование машиностроительного производства, Учебное пособие, 2019. – 362 с.
21. Козлов А.А., Козлов А.М. Расчет режимов резания, 2017. – 288 с.
22. Райхельсон В.А. Обработка резанием сталей, жаропрочных и титановых сплавов с учетом их физико-механических свойств, 2018. – 264 с.
23. Завистовский С.Э. Технология машиностроения, Учебное пособие, 2019. – 234 с.
24. Еремин, В.Г. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении. Учебник / В.Г. Еремин. - М.: Academia, 2018. - 272 с.
25. Огаджанян О.И. Оборудование и инструмент для обработки металлов резанием, 2017. – 256 с.

Приложение А

Презентационный лист

Технологический процесс изготовления
ступицы колеса трактора Т-25

**Недостаток
существующег процесса**

*Не реализована возможность более
быстрого изготовления*

Следствия:

- повышенное время изготовления,
- высокая себестоимость изготовления
детали

Цель проекта

*Разработка технологического процесса изготовления ступицы
колеса трактора Т-25 с разработкой приспособления*

Принятые решения

- спроектирован прогрессивный
технологический маршрут
- спроектировано станочное
приспособление
- разработан режущий инструмент

Основные результаты:

- повышена производительность
труда,
- снижение времени изготовления,
- снижена себестоимость
изготовления детали

**ОЖИДАЕМЫЙ
ГODOVОЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ЭФФЕКТ**

105000 руб.

НАПРАВЛЕНИЕ 15.03.01
ДИПЛОМНИК М.Б. Мокров
РУКОВОДИТЕЛЬ Д.Г. Левашкин

2023

Приложение Б

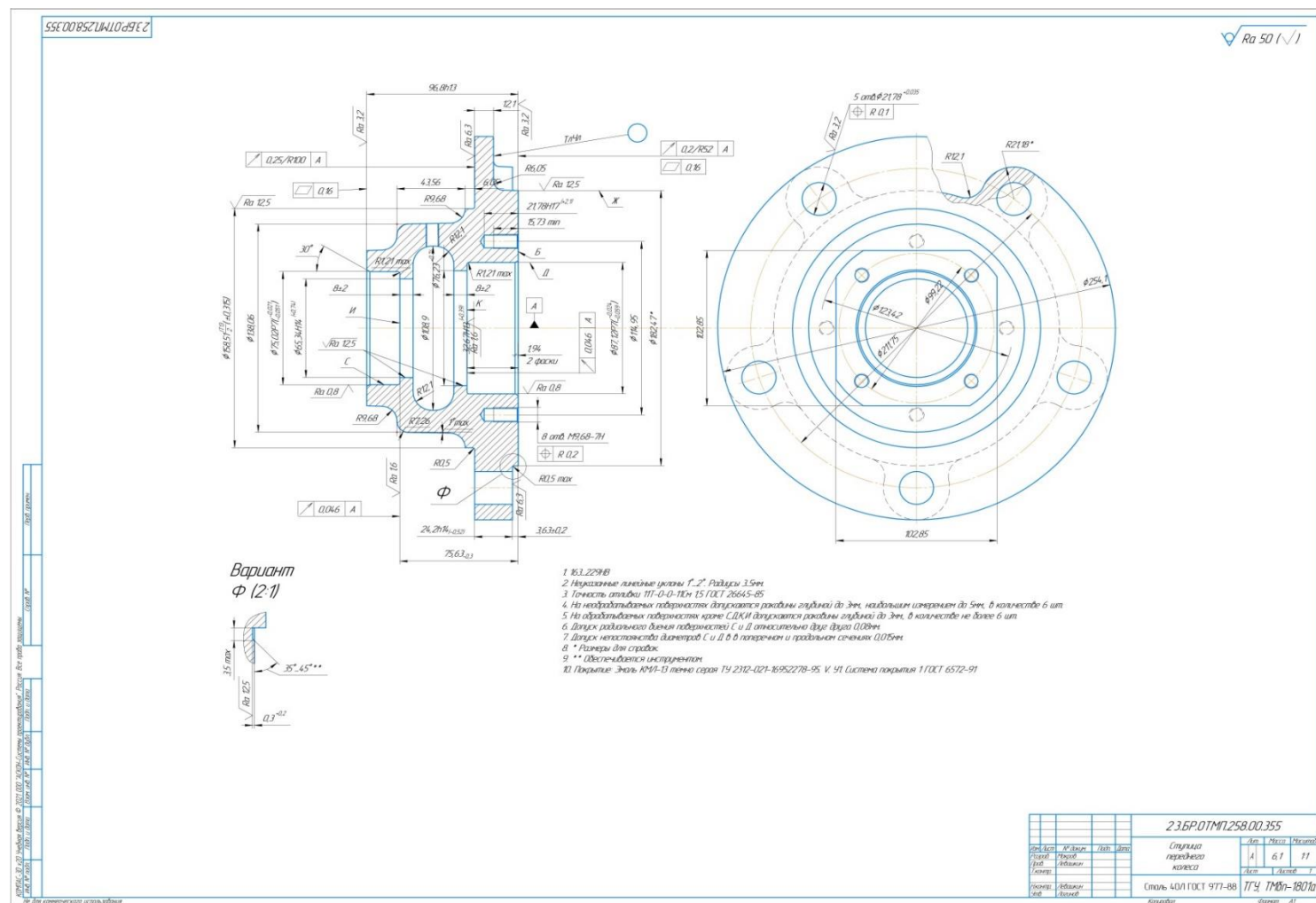


Рисунок Б.1 - Деталь

Приложение Г

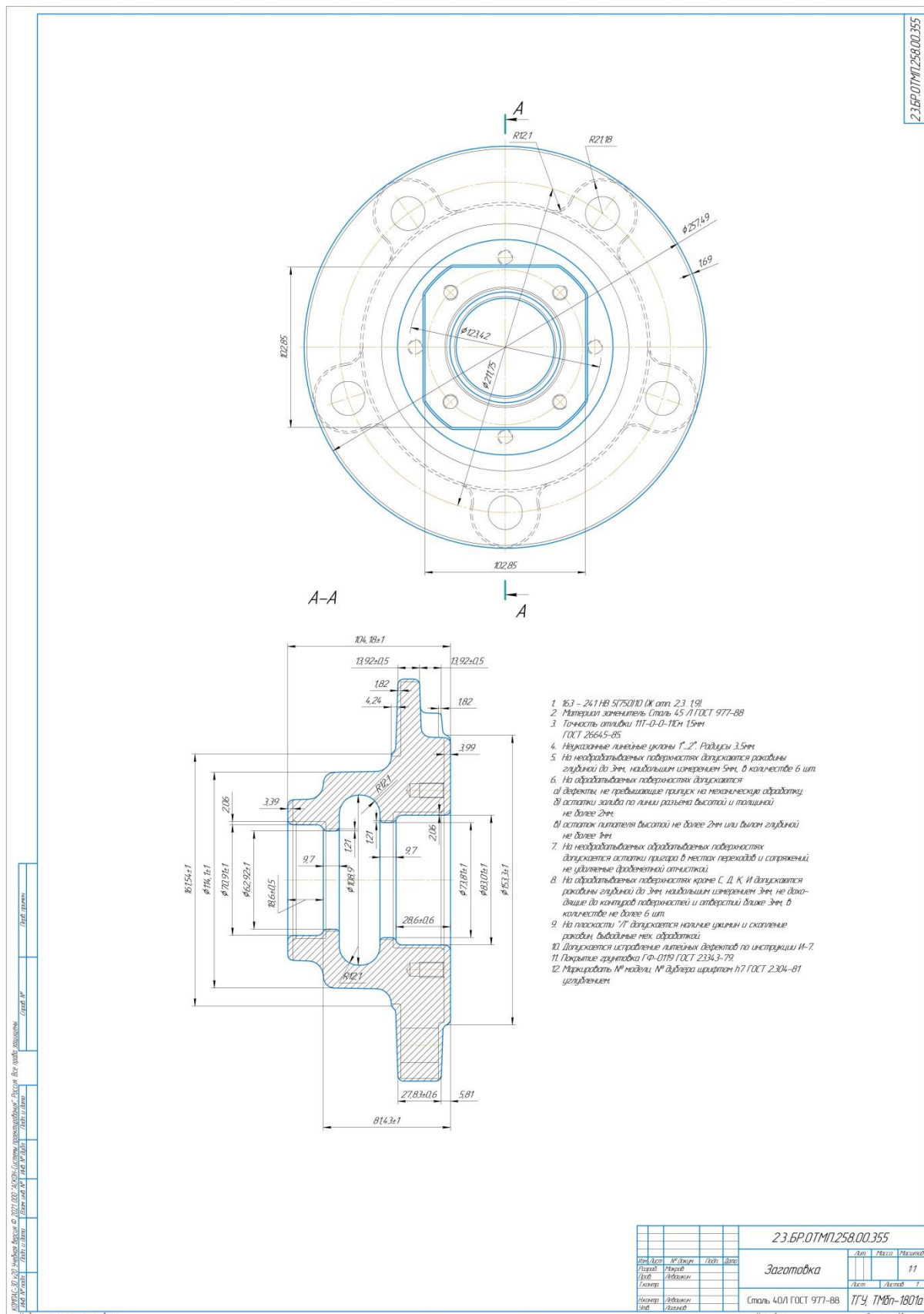


Рисунок Г.1 - Заготовка

Приложение Д

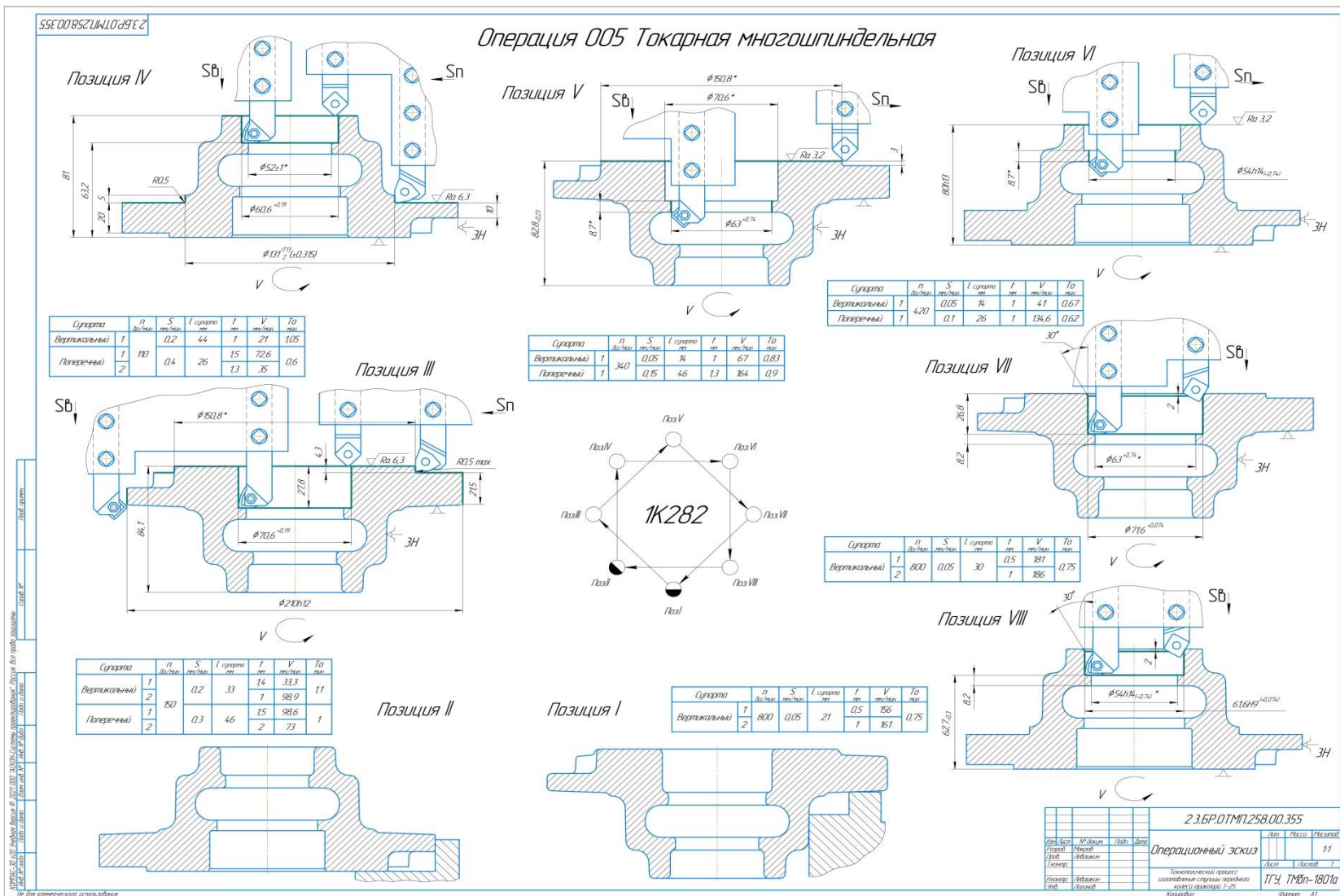


Рисунок Д.1 - Наладка токарная 1К282

Приложение Е

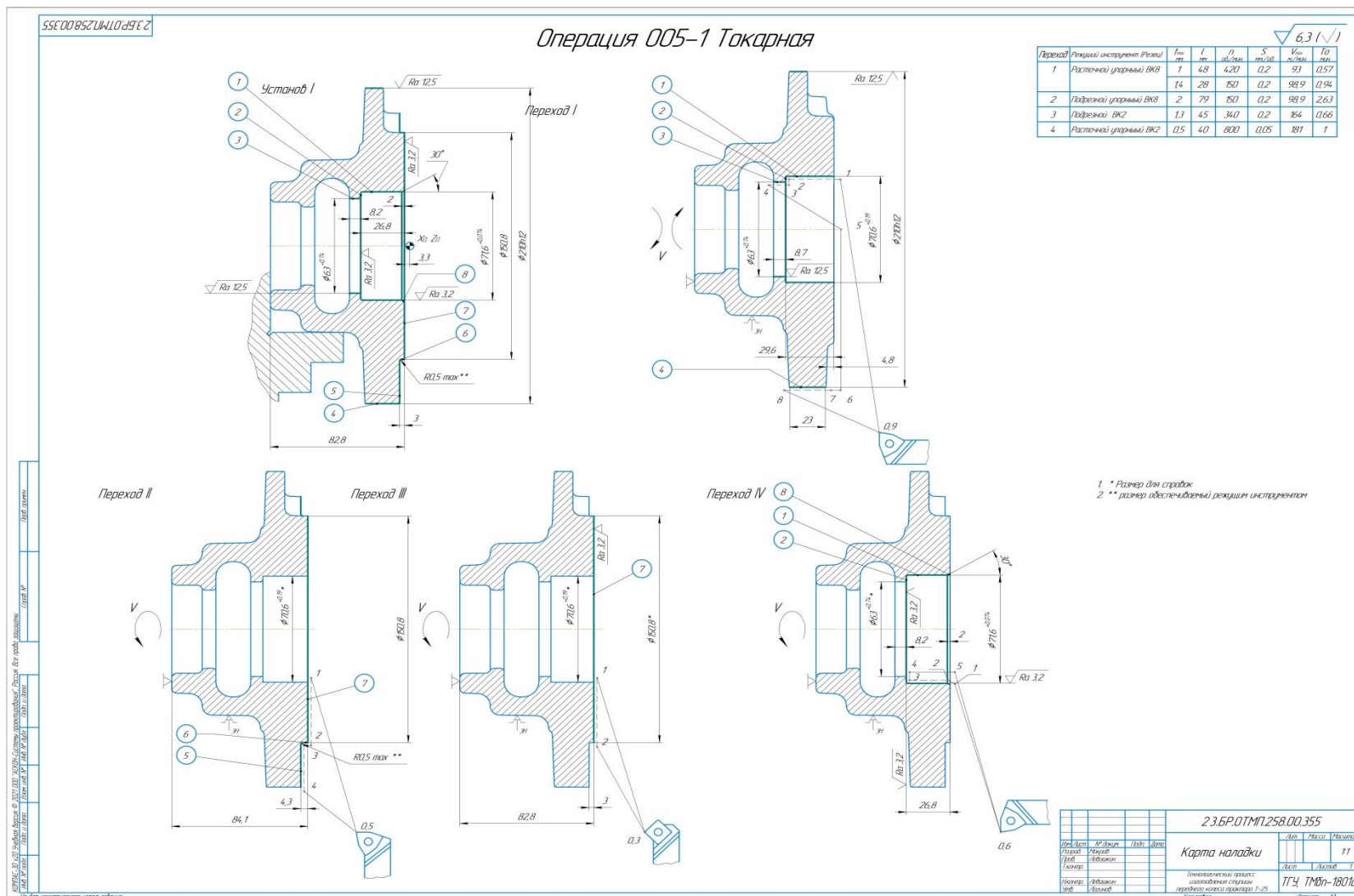


Рисунок Е.1 - Наладка токарная 1К620 с ЧПУ

Приложение Ж

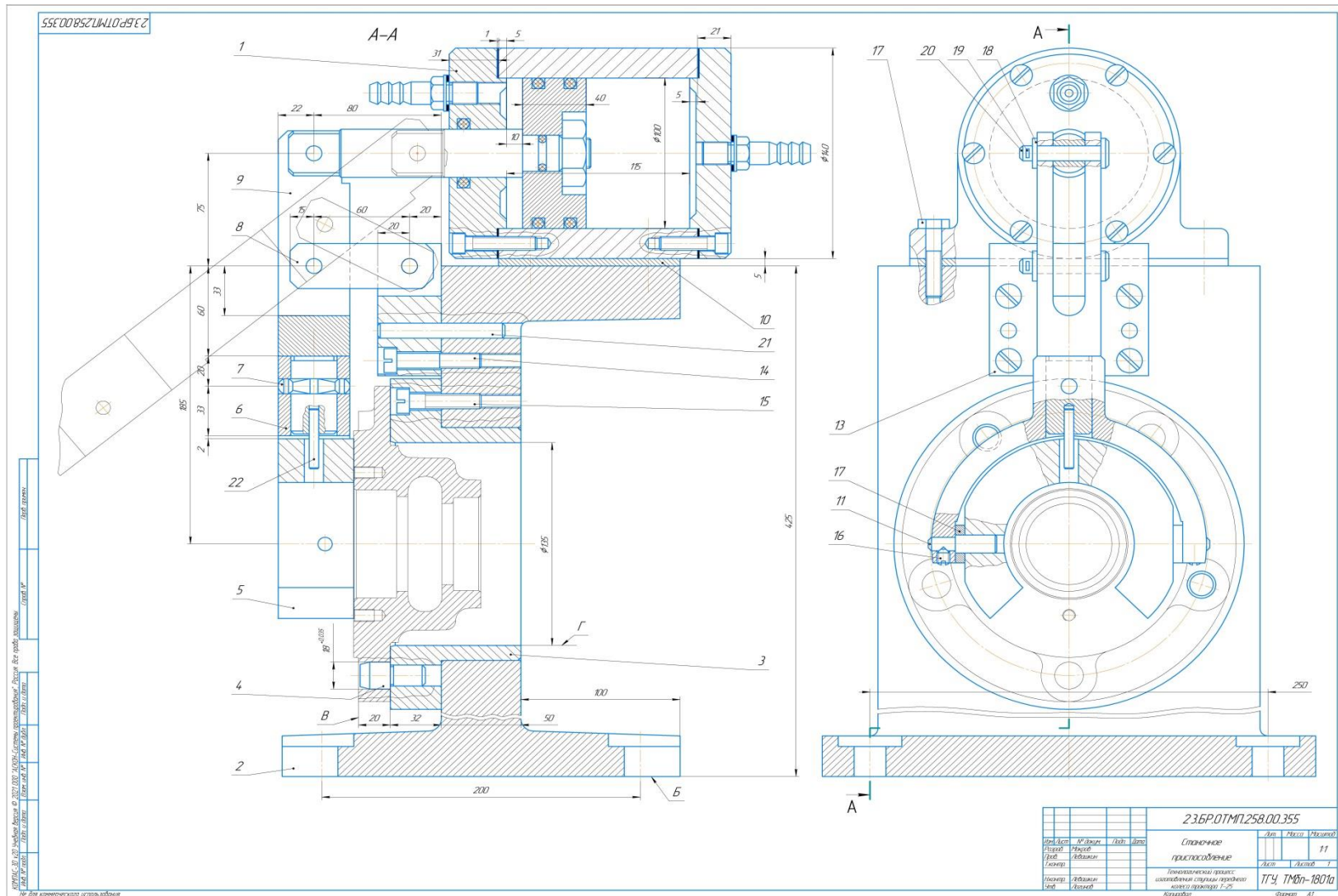


Рисунок Ж.1 - Станочное приспособление

Приложение И

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1			ВАМК 151001. БДП. 00-00 СБ	Сборочный чертёж		
					Сборочные единицы		
			1	ВАМК 151001. БДП. 01-01	Пневмоцилиндр в сборе	1	
					Детали		
Взам. Инв. №			2	ВАМК 151001. БДП. 00-02	Корпус	1	
			3	ВАМК 151001. БДП. 00-03	Втулка	1	
			4	ВАМК 151001. БДП. 00-04	Штифт установочный	2	
			5	ВАМК 151001. БДП. 00-05	Качалка	1	
			6	ВАМК 151001. БДП. 00-06	Рычаг	1	
			7	ВАМК 151001. БДП. 00-07	Штифт	1	
			8	ВАМК 151001. БДП. 00-08	Серьга	1	
			9	ВАМК 151001. БДП. 00-09	Вилка	1	
			10	ВАМК 151001. БДП. 00-00	Прокладка	1	
			11	ВАМК 151001. БДП. 00-11	Ось	3	
			12	ВАМК 151001. БДП. 00-12	Ось	2	
			13	ВАМК 151001. БДП. 00-13	Колодка	1	
Инв. № подл.			14		Винт М10×52		
					ГОСТ 11738-66	4	
				23.БР.ОТМП.258.00.355			
				Листовое			
				Лист			
				Листов			
				1			
				2			
				ТГУ, ТМдп-1801а			

Рисунок И.1 – Спецификация

Продолжение Приложения И

[illegible]

Рисунок И.2 - Продолжение спецификации

Приложение К

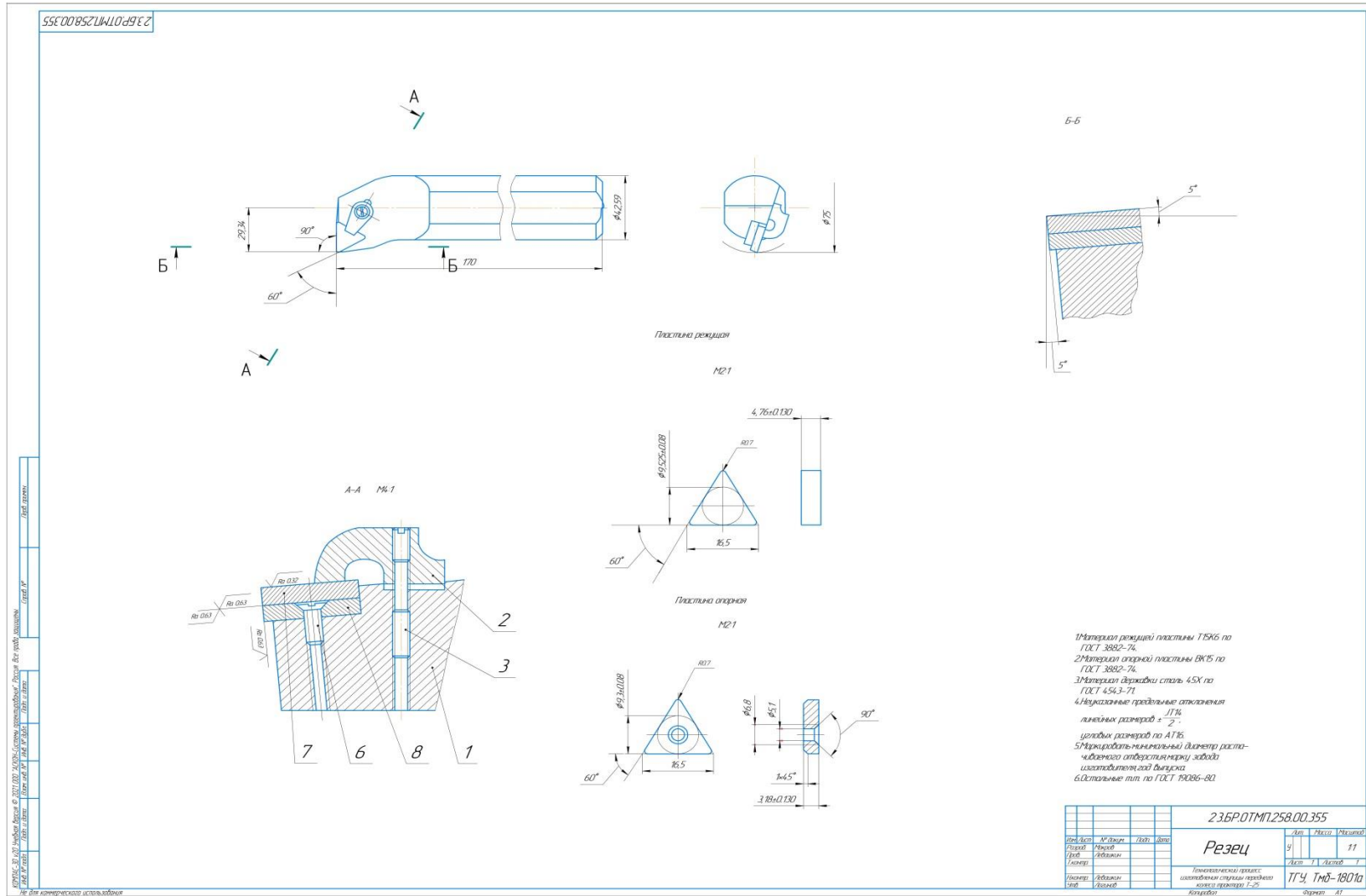


Рисунок К.1 - Режущий инструмент