

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

Обучающийся	<u>А.А. Аминов</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<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

Тема представленной работы связана с разработкой технологического процесса изготовления одной из самых ответственных деталей ходовой части гоночного болида – задней ступицы. Она выполнена по материалам студенческого проекта «Формула-студент» на основе результатов работы студенческого инженерного проектировочного отдела.

Спроектирована конструкция детали, которая входит в состав гоночного автомобиля, предназначенного для участия в студенческих соревнованиях по направлению «Формула-студент». Данная деталь является оригинальной конструкторской разработкой, для которой разработан рабочий чертёж.

Проанализирована технологичность этой детали с учётом единичного объёма выпуска, выявлены конструктивные недостатки и предложены технологические меры по их устранению. Для выбранного материала ступицы заднего колеса предложена и выбрана исходная заготовка - прокат. Данный способ, несмотря на очень маленький коэффициент использования материала, является единственным экономический обоснованным способом получения заготовки для данных условий.

Особое внимание в технологии изготовления обращалось на снятие увеличенного напуска. Это дополнительный слой материала удаляется на черновой операции механической обработки. Все технологические операции используют высокопроизводительные и высокоточные станки с ЧПУ. Это обеспечивает необходимую точность. Для уменьшения номенклатуры технологической оснастки спроектировано зажимное переналаживаемое приспособление. Спроектирован универсальный режущий инструмент, предназначенный для снятия напуска методом фрезерования. Предложены меры по защите и охране здоровья рабочих для спроектированной технологии. Также выполнен экономический расчёт для обоснования изменённой конструкции инструмента.

## **Abstract**

The topic of the presented work is related to the development of the manufacturing process of one of the most important parts of the chassis of a racing car – the rear hub. It is based on the materials of the student project "Formula-student" based on the results of the work of the student engineering design department.

The design of a part that is part of a racing car designed to participate in student competitions in the direction of "Formula Student" has been designed. This part is an original design development, for which a working drawing has been developed.

The manufacturability of this part is analyzed taking into account the single volume of output, design flaws are identified and technological measures to eliminate them are proposed. For the selected material of the rear wheel hub, the initial blank - rolled - was proposed and selected. This method, despite a very small material utilization factor, is the only economically justified way to obtain a workpiece for these conditions.

Particular attention in the manufacturing technology was paid to the removal of the increased pressure. This additional layer of material is removed during a rough machining operation. All technological operations use high-performance and high-precision CNC machines. This ensures the necessary accuracy. To reduce the range of technological equipment, a clamping changeable device has been designed. A universal cutting tool designed to remove the pressure by milling has been designed. Measures to protect and protect the health of workers for the designed technology are proposed. An economic calculation was also performed to justify the modified design of the tool.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ состояния вопроса .....	8
1.1 Служебное назначение задней ступицы .....	8
1.2 Классификация поверхностей.....	9
1.3 Анализ технологичности задней ступицы.....	10
2 Технологическая часть работы .....	13
2.1 Выбор типа производства.....	13
2.2 Выбор и проектирование заготовки .....	13
2.3 Выбор методов обработки.....	14
2.4 Расчет припусков на обработку .....	15
2.5 Разработка технологического маршрута и схем базирования.....	18
2.6 Выбор баз, обоснование схем базирования .....	21
2.7 Выбор средств технологического оснащения .....	22
2.8 Проектирование операций.....	23
3 Проектирование специальных средств оснащения .....	37
3.1 Подготовка данных для расчета приспособления .....	37
3.2 Расчет сил резания.....	37
3.3 Расчет усилия зажима .....	38
3.3 Расчет зажимного механизма.....	42
3.4 Расчет силового привода .....	43
3.5 Расчет точности установки.....	44
3.6 Описание работы тисков .....	45
3.7 Расчёт и проектирование фрезы .....	47
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	49
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	49
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	50
4.3 Методы и технические средства снижения рисков .....	50
4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта .....	51
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	52

4.6 Выводы по разделу.....	52
5 Экономическая эффективность работы .....	54
Заключение .....	59
Список используемых источников.....	60
Приложение А. Технологическая документация.....	64
Приложение Б. Спецификация приспособления .....	70
Приложение В. Спецификация фрезы .....	72

## Введение

Для получения студентами знаний в области инженерного проектирования в Тольяттинском государственном университете сформировано научно-техническое студенческое конструкторское бюро в рамках проектной деятельности. Такой проект, названный «Формула-студент», обеспечивает возможность изучения проектирования высокотехнологичной продукции в течение всего жизненного цикла изделия. Проектирование начинается с создания эскизного проекта. Причём в качестве аналога используют гоночный болид, спроектированный в более ранние годы.

Отработка конструкции гоночного болида проходит по разным направлениям. Совершенствование начинается с компоновки рамной конструкции. Для обеспечения максимальной прочности при минимальной материалоемкости оптимизируется пространственное положение балок. Оптимизируются также параметры ходовой части по упругим характеристикам, угловым параметрам расположения элементов ходовой подвески.

В результате проводится комплекс инженерных исследований, которые обеспечивают повышение эксплуатационных характеристик проектируемого автомобиля по сравнению с аналогом. Сам автомобиль представляет собой сочетание оригинальных, изготовленных самостоятельно деталей, и покупных изделий. Технология изготовления деталей, которые невозможно приобрести отдельно, проектируются также самостоятельно.

В работе рассматривается технология изготовления одной из таких оригинальных деталей - задней ступицы колеса. Оригинальную конструктивную форму, полученную в ходе инженерного проектирования, анализируют на технологичность.

При изготовлении необходимо применить современные средства автоматизированного проектирования технологического процесса. Это

связано с конструктивной формой ступицы, которая требует перемещения режущего инструмента по сложной пространственной траектории. С учётом типа производства – единичного, так как, по сути, проект является опытным производством, оборудование, применяемое в технологии изготовления задней ступицы всё полностью автоматизированное с числовым программным управлением. Это необходимо, так как деталь изготавливается в единичном экземпляре и имеет сложную форму. Номенклатура деталей широкая и они имеют разнообразную пространственную форму, а это требует переналадки инструмента. Это должно проходить быстро, а движения инструмента должны быть высокоточными.

Целью выполнения работы является подготовка изготовления гоночного болида путем разработки технологии изготовления отдельной детали. Должна быть спроектирована технология изготовления задней ступицы колеса гоночного болида для условий единичного производства.

## **1 Анализ состояния вопроса**

### **1.1 Служебное назначение задней ступицы**

Задняя ступица колёса гоночного болида предназначена для крепления самого колеса по фланцу и передачи крутящего момента привода.

Для передачи крутящего момента в центральное отверстие задней ступицы вставляется граната. От проворота ступицы и гранаты применяются фиксирующие штифты. Пространственное расположение этих штифтов различное. Три штифта имеют радиальное направление, а ещё три расположены параллельно оси ступицы.

Отверстия под штифты, расположенные и параллельно и радиально обрабатывают совместно в сборе с гранатой. Расположение отверстий по каждому из комплектов под  $120^\circ$  относительно друг друга. Они сдвинуты в угловом направлении на  $30^\circ$ .

Так как задняя ступица является элементом привода и одновременно опоры гоночного болида, то нагрузки, которые она испытывает, имеют значительный уровень, а характер их изменения как статичный, так и динамический [25].

Одним из основных критериев эффективности проектирования гоночного болида является его масса. Так как задняя ступица достаточно массивная, её изготовление из углеродистой или легированной стали приведет к значительной массе. Поэтому с учетом нагрузок, возникающих при эксплуатации, значительному трению по установочным поверхностям, выбирается материал - алюминиевый сплав Д16Т ГОСТ 4784-97 со следующими характеристиками [9]. Степень обрабатываемости, которая определяется как отношение скоростей резания алюминиевого сплава и базового материала, стали 45, для быстрорежущего инструмента равна 0,95, а для твердосплавного инструмента - 1,2.



Для расчётов принимаем следующие физико-механические свойства Д16Т. Основное преимущество данного материала низкая плотность  $2780 \text{ кг/м}^3$ . Твёрдость при условии, что максимальный размер до 100 мм, по шкале Бринелля НВ не более 130 единиц. Предел прочности принимаем равным 450 МПа.

## 1.2 Классификация поверхностей

Эскиз задней ступицы с обозначением поверхностей представлен на рисунке 1.

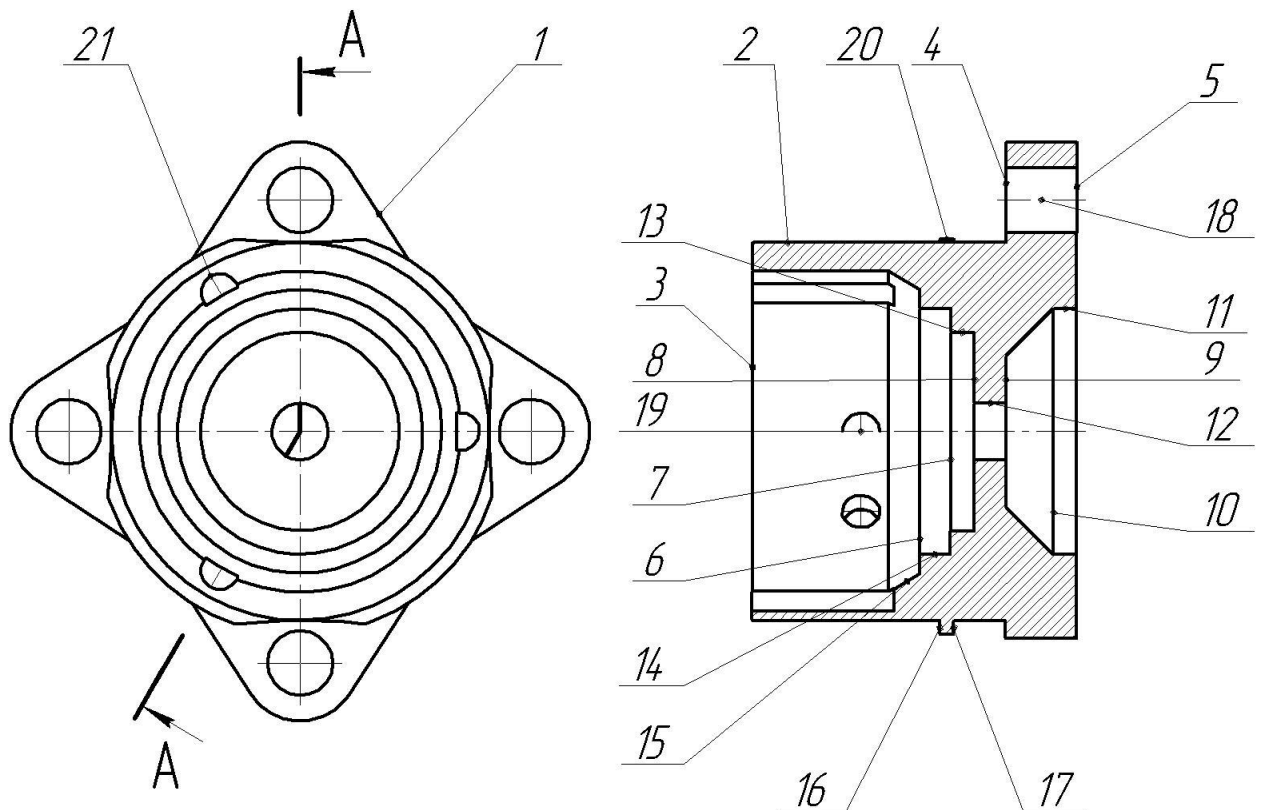


Рисунок 1 – Эскиз ступицы задней

По назначению поверхности классифицируются в соответствии с стандартным распределением по четырём группам [14]. Исполнительные поверхности это те, которые передают крутящий момент и определяют

положение детали, так как она является базовой для колеса. В данном случае это фланец для установки торец 5 отверстиями 18, а также отверстия под гранату, передающие крутящий момент и фиксирующие положение ступицы. Это поверхности под штифты: продольные 21 и радиальные 19 и отверстие под гранату 22.

Определяет положение ступицы (основные конструкторские базы) установочная плоскость 5 и базирующие отверстия 18.

К вспомогательным конструкторским базам относятся опорный буртик 16, а также отверстия под установку гранаты с базирующими штифтами - 6, 14 19,22.

Остальные – свободные поверхности.

### **1.3 Анализ технологичности задней ступицы**

Сама ступица с точки зрения технологичности конструкции имеет ряд недостатков.

Это связано с общей конфигурацией [20]. Это наличие радиусных выточек по наружной поверхности радиусом 128 мм. Из-за этого возникает необходимость дополнительных фрезерных переходов инструментом определённого типоразмера или инструментом, перемещающимся по заданной траектории. Причём положение этих проточек ориентировано относительно друг друга под 90°. Это требует наличие индексирующего устройства типа поворотного стола.

Кроме этого, отверстия под штифты, расположенные параллельно оси детали, требуют совместной обработки. Причём расположение в радиальном направлении несимметрично относительно поверхности отверстия, вдоль которого они расположены. Кроме совместной обработки этих отверстий, необходимо жёсткое направление инструмента, то есть использование направляющих втулок и, соответственно, сверлильного кондукторного

приспособления. Или использование высоко жесткого осевого инструмента типа укороченных свёрл.

Имеются ступенчатые отверстия с коническими участками с двух сторон. Для этого необходимо перемещать инструмент по определённой траектории. То есть, в любом случае, необходимо использовать оборудование с числовым программным управлением. Размеры данной детали являются стандартизированными и унифицированными, кроме фаски крепёжных отверстий, которая имеет размеры 0,63 мм.

Обработка радиальных отверстий под штифты также требует направление инструмента для предотвращения его увода, а также индексации заготовки под 120°.

Требования по твёрдости предполагают наличие в технологическом маршруте упрочняющей термообработки – закалки. Возможно потеря точности из-за процессов коробления.

По выбору заготовки указанный материал - алюминиевый сплав Д16Т, который относится к категории деформируемых, определяет исходный тип заготовки. Методы литья отбрасываются. Использовать методы получения заготовки давлением нецелесообразно из-за маленькой партии деталей [5].

Для мелкосерийного типа производства единственным целесообразным способом получения заготовки является прокат. Поскольку прокат такого размера в виде прутка отсутствует, получаем его из плиты. А, так как конфигурация детали представляет собой фланцевую втулку, причём фланец выполнен в виде лепестковой конструкции с пустыми промежутками между выступами, возникает задача удаления очень большого объёма напуска. Причём траектория движения инструмента включает в себя, в том числе обработку цилиндрических поверхностей, а также фланцевых частей с выступами. Необходимо применить методы планетарного фрезерования. Это будет занимать значительное время, накладывает определённые ограничения на конфигурацию используемого инструмента.

Для обработки цилиндрических поверхностей расположенных соосно главной оси ступицы, используем токарный станок с вращением заготовки. Для первых переходов используем многоцелевой станок с возможностью движения инструмента концевой фрезы по заданной траектории с выборкой основного материала напуска.

Методы обработки, которые используются в технологии изготовления задней ступицы, относятся к категории лезвийных способов. Абразивные методы для формирования поверхности алюминиевого сплава непригодны.

С точки зрения установки заготовки, могут возникать трудности со стороны фланца, так как он имеет сложную пространственную конфигурацию, а центральное отверстие с данной стороны имеет цилиндрическую часть небольшой ширины около 5 мм, что делает закрепление по ней невозможным.

#### Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование рабочего чертежа ступицы с изменениями ее конструкции, которые основаны на анализе технологичности. Он позволил выявить технологические трудности, а также дал возможность наметить технологические мероприятия по их преодолению.

## **2 Технологическая часть работы**

### **2.1 Выбор типа производства**

В связи с небольшим объёмом выпуска  $N$  в количестве 6 ступиц, даже без учета массы материала  $m$  около 2 кг, тип производства будет единичный. Это определяется характером работы проектно-конструкторского бюро студенческого проекта «Формула-студент». В соответствии с этим типом производства проектирование технологий должно выполняться максимально упрощенным. В связи с тем, что деталь является ответственной с точки зрения управления и безопасности движения гоночного болида, а также тем, что проектирование технологии всё равно отрабатывается 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, карта эскизов и технологических наладок.

### **2.2 Выбор и проектирование заготовки**

Как уже было сказано в первом разделе, единственным приемлемым вариантом получения заготовки для единичного производства детали фланцевой формы является прокат. Из-за материала, для которого есть прокат только в виде плиты, выбирается заготовка пластина [21].

Для обработки поверхностей из исходной прокатной плиты необходимо вырезать штучную заготовку при помощи фрезерно-отрезной операции. Используем многоцелевой станок с трехсторонней отрезной фрезой при закреплении плиты при помощи фиксирующих струбцин на опорных элементах, установленных на столе станка.

Для обеспечения требований чертежа примем максимальный припуск на крайних конструктивных элементах выступах равным 3 мм.

Общая масса заготовки будет составлять не более 3 кг.

### **2.3 Выбор методов обработки**

Основные требования по поверхностям следующие. С точки зрения точности размеров самыми точными являются базирующее отверстие по седьмому качеству. Шероховатости требования не очень высокие в данном случае на уровне 2,5 мкм. Кроме этого есть технические требования по расположению. Это отклонение от перпендикулярности базового 5 торца относительно отверстия под гранату, а также отклонения по соосности отверстий расположенных с двух противоположных сторон на уровне 0,02 мм [20].

Для обработки ступицы выберем технологические переходы [12].

Для обработки наружной поверхности первоначальным переходом будет являться фрезерование по контуру. Так как деталь фланцевой формы, на первой операции, которая будет состоять из двух установов, сначала проведём обработку фигурного фланца с четырьмя лепестками выступами. После переустановки и закрепления заготовки по фланцу, что требует использования приспособление с четырьмя кулачками, проводится черновая фрезерная обработка по контуру цилиндрической части меньшего диаметра с четырьмя фигурными лысками с заданным радиусом 128 мм.

Также проведём обработку крепёжных отверстий во фланцевых выступах, а так же обработку центрального отверстия под растачивание на следующей операции, выполняемой на токарном станке [6].

На следующей токарной операции ведётся обработка с одной стороны всех поверхностей заготовки - внутренних и наружных. Проводится обработка наружной поверхности с формированием буртика. Затем идёт обработка ступенчатого отверстия. Обработка включает в себя черновой

переход по формированию контура отверстия, а затем чистовой отделочный переход по обеспечению окончательной точности и шероховатости. Кроме этого на следующем установе на данной операции проводится обработка центрального отверстия с противоположной стороны с подрезкой базового торца. Все это позволит нам обеспечить требования по перпендикулярности.

Далее выполняется ещё один окончательный отделочный переход по обработке базового отверстия для установки гранаты. Далее выполняется сборочная операция по установке гранаты.

После этого на многоцелевой операции выполняется совместная обработка под штифты. Для этого базовые отверстия сверлятся, зенкеруются и развертываются. После этого происходит штифтование. Перед сборочной операцией проводится контроль по проверке всех необходимых технических требований.

## **2.4 Расчет припусков на обработку**

Самой точной поверхностью задней ступицы является посадочное отверстие диаметром 68 мм. Оно имеет 7 квалитет по техническим требованиям и шероховатость поверхности Ra 1,25 мкм.

Технологическими переходами по обработке данной поверхности будут сверление в сплошном материале заготовки для формирования исходного отверстия. Далее это отверстие на начальном этапе расширяется до необходимой конструктивной формы в виде ступенчатого отверстия значительного диаметра с припуском под чистовую обработку. После этого происходит чистовая обработка отверстия по контуру растачиванием. После термообработки происходит окончательное растачивание по техническим требованиям чертежа [9].

Для расчёта припуска необходимо назначить исходные данные, которые относятся к обрабатываемой поверхности по переходам. Это шероховатость параметра 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 непосредственном переходе.

В таблице 1 все необходимые данные из [13] показаны.

Пространственное отклонение включает в себя только погрешность настройки при сверлении отверстия  $\rho_{ц}$  и увод инструмента  $\rho_{ув}$ . Суммарно пространственное отклонение в силу случайного характера рассчитывается по формуле [14]:

$$\rho_{з} = \sqrt{(\rho_{ув})^2 + (\rho_{ц})^2}, \quad (1)$$

где  $\rho_{ув}$  – увод сверла, мкм;

$\rho_{ц}$  – погрешность настройки, мм.

Увод сверла определяется с учётом удельной величины увода  $\Delta_k$  и общей длины заготовки  $l$ , которая в данном случае равняется 70 мм

$$\rho_{ув} = \Delta_k \cdot l. \quad (2)$$

Тогда по расчету

$$\rho_{ув} = 0,05 \cdot 70 = 3,5 \text{ мкм.}$$

С учетом погрешности настройки  $\rho_{ц} = 0,2$  мм общее отклонение

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

Для учёта изменения пространственного отклонения необходимо учесть коэффициент уточнения для первого черного растачивания. Он составит 0,05.

$$\rho_{ост} = 0,05 \cdot 0,15 = 0,007 \text{ мм.}$$



С учётом дальнейшей обработки, величина остаточного пространственного отклонения становятся пренебрежимо мала, и мы можем её исключить из расчёта припуска.

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

$$2Z_{imin} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (3)$$

где расчет дается в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Элементы припуска на отверстие

Переход	Элемент припуска			
	Дефектный слой, мм	Шероховатость, мм	Отклонения, мм	Погрешность установки, мм
Сверление	0,05	0,05	200	0,4
Зенкерование	0,025	0,025	0,012	0,12
Растачивание черновое	0,01	0,02	0,007	0,32
Растачивание чистовое	0,005	0,01	0,03	0,016
Растачивание тонкое	0,003	0,003	0,003	0,03

Таблица 2 - Припуски на отверстие

Переход	Допуск, мм	Размер		Припуск	
		минимальный, мм	максимальный, мм	минимальный, мм	максимальный, мм
Сверление	0,15	11,0	11,15	5,5	5,67
Зенкерование	0,043	12,0	12,043	0,45	0,5
Растачивание черновое	0,25	58,54	58,79	0,548	0,648
Растачивание чистовое	0,06	59,57	59,63	0,84	1,05
Растачивание тонкое	0,03	60	60,03	0,4	0,43

Исходной заготовкой у нас является прокатная плита заданной толщины 70мм.

Горизонтальные размеры: ширина и длина, обеспечиваются предварительной вырезкой на отрезном станке дисковой фрезой.

Точность отрезки будет составлять около 0,1 мм.

По толщине точность политы определяется точностью прокатки. Допуск равен 1,5 мм.

## **2.5 Разработка технологического маршрута и схем базирования**

При разработке технологического маршрута необходимо ориентироваться на единичный тип производства и ограниченную партию выпуска в количестве 5 штук. Поэтому технологические операции будут проектироваться с учетом принципа концентрации технологических переходов. Такой подход можно реализовать с использованием многоцелевого оборудования [26].

Данные универсальные станки с числовым программным управлением позволяют за счёт разнообразных режущих инструментов, возможности обеспечить их перемещения по сложным траекториям, повышенные конструктивные особенности данных станков по жёсткости, виброустойчивости, минимальному влиянию температурных деформаций технологической системы, обеспечить высокопроизводительную обработку с максимальной точностью и качеством обработанной поверхности. Это даёт возможность для небольшой партии быстро произвести переналадку оборудования для реализации технологических операций [8].

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

Есть плоские торцовые поверхности, для которых возможно применение как фрезерных, так и токарных переходов по подрезке данных торцев. Технические требования по размерам и шероховатости относительно

невысокие. Поэтому можно обойтись двумя переходами: черновым по снятию напуска и чистовым по окончательной обработки данных поверхностей.

Следующая группа - это центральное отверстие ступенчатой формы. В центре отверстие небольшого диаметра 12 мм с точностью по 9 качеству. Эту поверхность можно обрабатывать сверлением и зенкерованием. Кроме этого данное отверстие служит основой для последующего растачивания основного ступенчатого отверстия. Технические трудности в данном случае будет являться заключаться в первоначальном небольшом размере отверстия, что ограничивает размеры расточного резца. Для первоначального расширения отверстия применим резец с небольшим сечением державки. После того, как он расширит отверстия до 20 мм, произведём замену расточного резца, который доведёт черновую обработку ступенчатого отверстия до конца.

Это связано с тем, что небольшой по габаритам резец, имеет малую жёсткость, что будет ограничивать глубину резания и подачи на переходах, что для первоначального снятия напуска является нецелесообразным. После этого с двух сторон будем производить черновое растачивание со снятием напуска. С одной стороны это будет трех ступенчатое отверстие с фаской. С другой стороны - это будет коническое отверстие со небольшим цилиндрическим участком. Форма данных поверхности обеспечивается, как уже было выше сказано, на черновом переходе, а далее производится чистовое растачивание по контуру с обеспечением окончательной точности в соответствии с требованиями. Исключение составляет главное отверстия диаметром 68 мм, для которого применим ещё дополнительно тонкое растачивание на токарной операции после термообработки.

Кроме этого, есть группа крепёжных отверстий расположенных в проушинах с четырех сторон. Данная фланцевая форма обеспечивается на многооперационный станках с возможностью фрезерования по контуру.

Также такая возможность обеспечивает обработку радиусных лысок с четырех сторон по цилиндрической поверхности.

Крепёжные отверстия обрабатываются по стандартной технологии со сверлением и последующим зенкованием, которое возможно заменить на рассверливание для формирования входной фаски.

Особой операции является сборочная для установки сопрягаемых деталей необходимо их зафиксировать при помощи трёх штифтовых соединений. Для этого необходимо после сборки произвести совместную обработку сверлением, зенкерованием, развертыванием. После этого произвести штифтование. Технология спроектирована на основе базовой, которая сведена в таблицу 3.

Таблица 3 – Технологический маршрут

№ операции	Операция	Переход	Квалитет	Ra, мкм
000	Заготовительная	Отрезка	14	12,5
005	Многоцелевая	Фрезерование черновое	12	6,3
		Фрезерование по контуру	11	3,2
		Сверление	10	3,2
		Сверление	10	3,2
010	Токарная	Растачивание чистовое по контуру	12	6,3
		Сверление	9	3,2
		Зенкование	12	6,3
015	Термообработка (закалка)	-	-	-
020	Моечная	-	-	-
025	Сборочная	Сверление	11	3,2
		Зенкерование	9	2,5
		развертывание	7	1,25
		Штифтование	-	-
030	Контрольная	-	-	-

На последних операциях выполняются стандартные действия по очистке заготовки от грязи и от технологических средств, а на контрольной операции производится комплексный контроль основных, наиболее ответственных параметров, указанных на чертеже.

## **2.6 Выбор баз, обоснование схем базирования**

Для базирования данной детали необходимо использовать несколько установочных схем. Связано это с тем, что конфигурация заготовки претерпевает значительные изменения в ходе технологического процесса.

Для этого необходимо на первоначальной операции установить заготовку призматической формы. Так как нам необходимо при обработке центрального отверстия привязаться к центру заготовки, её ориентируем в самоцентрирующем зажимном приспособлении типа тисков или четырех кулачковом патроне. На первоначальном установе на 005 многоцелевой операции идёт обработка фланца с проушинами. Заготовка зажимается по трем плоскостям с центрированием по центру плиты. После этого на втором установе заготовка устанавливается уже по фланцу, который имеет четыре проушины. Базирование получается однотипное: установочная поверхность – плоскость, двойная опорная по осевой линии и шестая точка за счёт сил зажима [23].

На токарной операции установка заготовки производится также в четырех кулачковый патрон в связи с симметричной четырех лепстковой фланцевой формой с четырьмя выступами. Установка ведётся на установе начерно начато после этого перья устанавливается зажимается по цилиндрической поверхности по радиусным лыскам [24]. Схема установки базирования получается то же самое установочной двойная порция. Токарные операции после термообработки схема установки базирования аналогичная 10 токарной операции.

## 2.7 Выбор средств технологического оснащения

На первой операции применим круглопильный автомат 8Б672.

Для комплексной обрабатывающей операции используется вертикальный обрабатывающий центр MAZAK VTC-200 В.

Для токарных переходов используется обрабатывающий токарно-фрезерный центр EmcoTurn 365.

В качестве оснащение на операциях применяются тиски ГОСТ 21168-75, которые будет спроектированы в следующем разделе [26].

В качестве инструмента для многоцелевой операции применяется спроектированный в следующем разделе инструмент - концевая фреза для профильной обработки заготовки. Фреза сборная с твёрдосплавными пластинами Т15К6 [1].

Для зажима заготовки на отрезной операции применим тиски ГОСТ 21168-75.

Базовая фреза, которая используется для расчёта режимов обработки в первоначальном варианте технологии 035.2224-0001 диаметром 20, зубья z 2 Т15К6 ОСТ 2И41-5-84.

Для сверления отверстия на многоцелевой операции применением инструмент 2301-0850 сверло диаметром 11 Р6М5 ГОСТ 19546-74 [16].

Для обработки отверстий в проушинах используем сверло 2310-0025 диаметром 9 Р18 ГОСТ 28320-89.

Для отделочной обработки используется 2320-0211 зенкер диаметром 12 мм Р6М5 ГОСТ 21581-76.

Для токарных переходов используется сборный токарный инструмент MWLNL3225P08 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82.

Для формирования канавок используется 035-2126-1187 Резец Т14К8 ОСТ 2И10-7-84.

Для обработки отверстий растачиванием применим тип расточного инструмента 2145-0048 2 резец ВК6М ГОСТ 18063-72.

Под штифтование производится сверление отверстий после сборки 2301-1001 сверлом диаметром 6 мм Р6М5 ГОСТ 19547-74.

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

## 2.8 Проектирование операций

Для разработки технологической операции по обработке ступицы на многоцелевом станке используется программный пакет PowerMill.

Методика работы следующая. Для компиляции программы необходимо трехмерную модель заготовки переформатировать в формат \*.igs и импортировать в программу (рисунок 2). Система координат детали взята в центре заготовки на нижней установочной плоскости, что соответствует центрированию в патроне и показано на рисунке 3. Для формирования технологических переходов в программе назначаем форму заготовки в виде призматического бруска (рисунок 4). Высота бруска принимаем больше длины детали на 4 мм. Это соответствует 2 мм на сторону. Припуск по бокам принят по 5 мм. Данный брусок отрезается из проката плиты на фрезерном отрезном станке 8Б672.

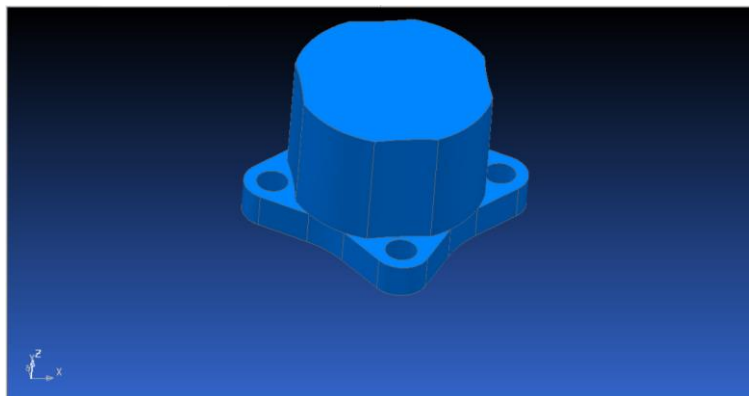


Рисунок 2 – Импорт модели

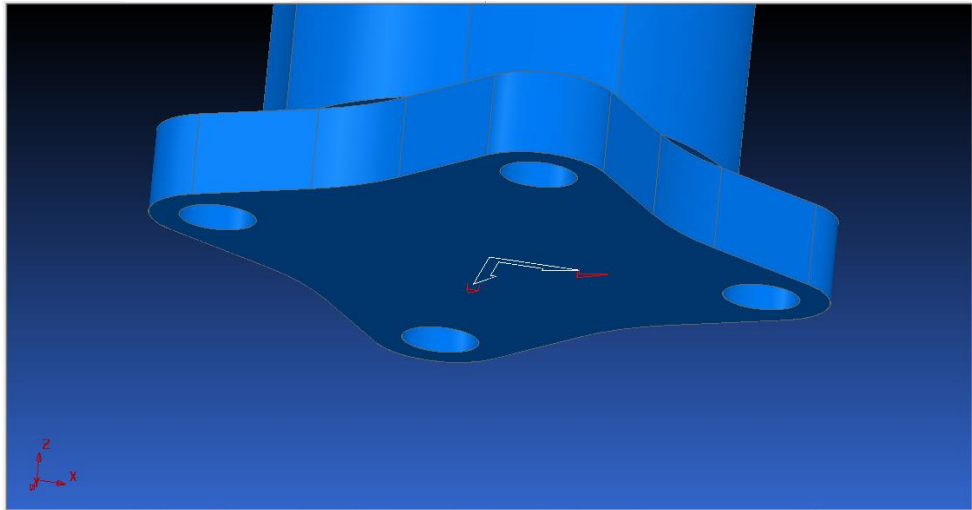


Рисунок 3 - Активация локальной системы координат

Далее формируются технологические переходы. Для разработки траектории движения инструмента необходимо выбрать режущий инструмент. В соответствующем окне программы формируем размеры концевой фрезы диаметром 20 мм и длина режущей части 40 мм с общим вылетом с учётом последующих корректировок 70 мм.

Для закрепления инструмента принимается цилиндрический хвостовик, закреплённый в патрон. Размеры патрона также указываются: нижний диаметр 60 мм, верхний - 80 мм.

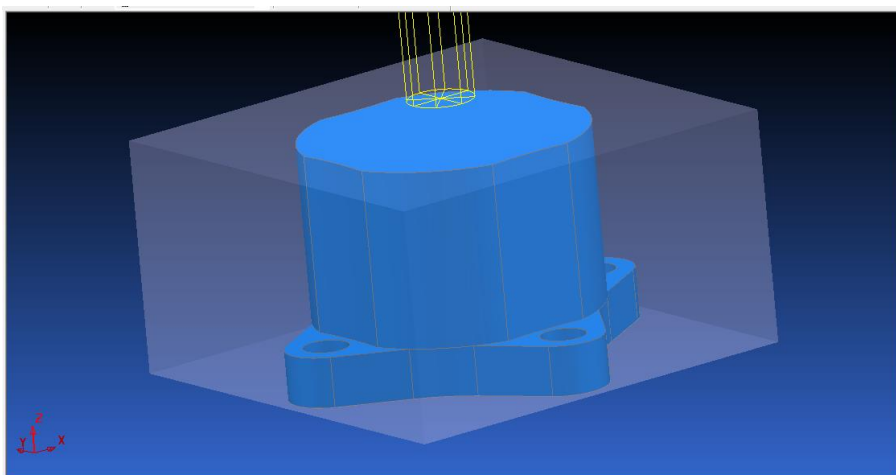


Рисунок 4 - Заготовка в виде бруска



После проверки траектории на столкновение для нескольких стратегий выполнения понадобилась корректировка вылета инструмента. Указанная здесь величина принята после данной корректировки.

В общей стратегии обработки представлены следующие варианты. Способ снятия растром, выборка растром по трёхмерной модели, оптимизированный по координате  $Z$ , выборка смещением по трёхмерной модели и выборка с постоянной координатой  $Z$ .

Разработанные траектории показаны на соответствующих рисунках и приведены на листах графической части. При разработке стратегии выполнения технологических переходов обработку разделяют на два этапа: первый – это снятие напуска, второй - чистовой с припуском 1 мм на поверхность по контуру [15].

Режимы резания назначались табличным способом из базы данных данной программы [10]. Траектория движения инструмента для разных стратегий выполняется послойно или в горизонтальной или вертикальной плоскостях. Для указанных траекторий рассчитана статистика по выполнению переходов, которая используется для нормирования технологической операции.

Она включает в себя указание параметров быстрого подвода и отвода, включая общую длину перемещений, длину врезания с соответствующим временем выполнения, а также параметры рабочих ходов (длину и время). Кроме этого указывается количество подъемов инструментов выполняемых в технологическом цикле.

Выбор параметров траектории выполняется в соответствующем окне (рисунок 5).

Обнаружено опасное столкновение с рекомендацией коррекции вылета инструмента.

Формирование траектории движения инструмента первым способом - снятием растром, было обнаружено опасное столкновение оснастки с заготовкой, что потребовало корректировки вылета инструмента.

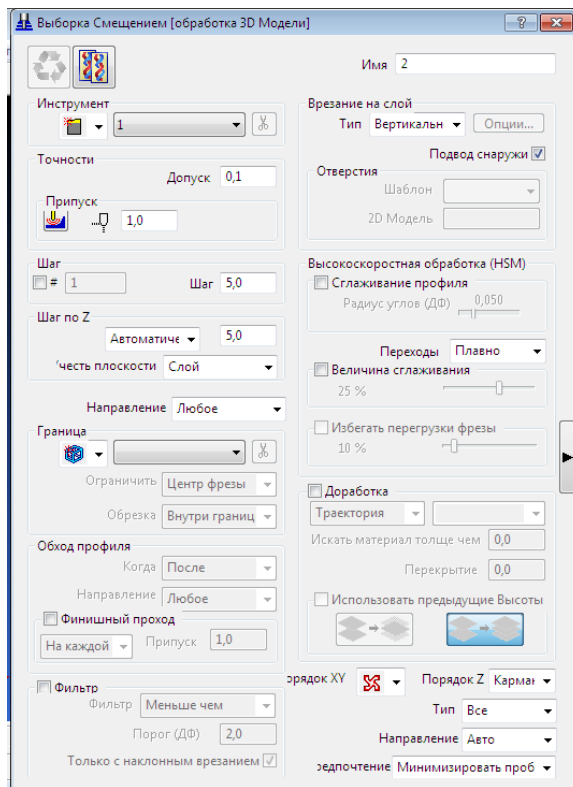


Рисунок 5 – Выбор параметров траектории

Сама траектория была разбита на два этапа: со снятием основного напуска и с выполнением чистового перехода, показанных на рисунках 6 и 7, соответственно.

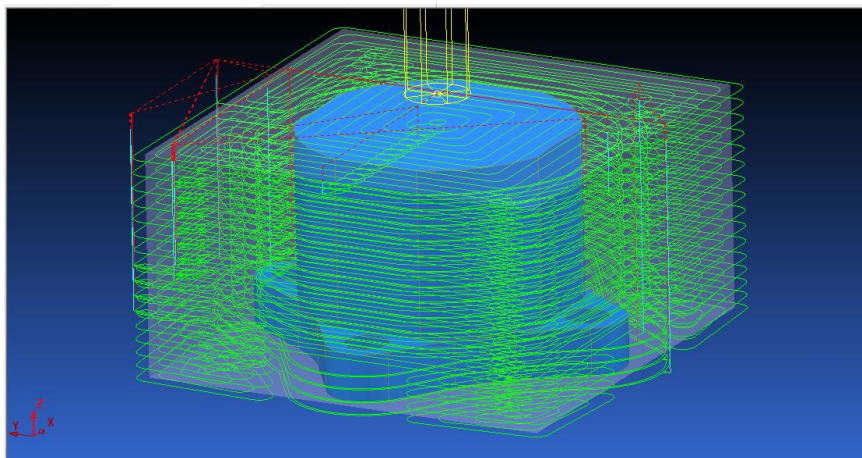


Рисунок 6 - Сформированная траектория первым способом

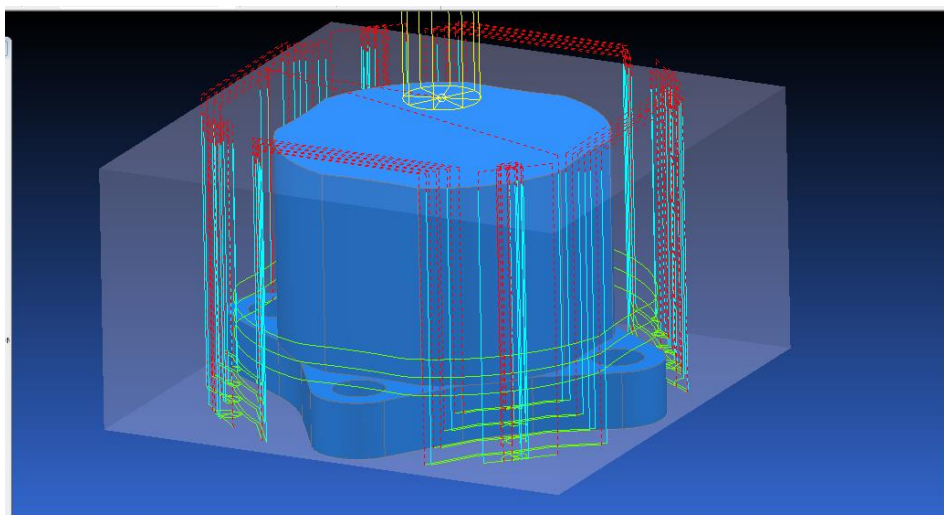


Рисунок 7 - Сформированная траектория с чистовым переходом

На рисунке 8 показана общая траектория движения инструмента выборкой раствором по 3D модели. Статистические данные по выполняемым переходам, включая ускоренные перемещения, врезание инструмента, а также рабочие ходы показаны в таблицах 4-8.

Таблица 4 - Подводы и переходы (1-4 способы)

Параметр	1 способ: 1 траектория	1 способ: вторая траектория	2 способ	3 способ	4 способ
Ускоренный: длина, мм	11379	7675,64	8937,2	2980,85	4778,08
Время	3 мин 47 с	2 мин 33 с	2 мин 58 с	59 с	1 мин 35с
Врезание: длина, мм	6991,85	4940,77	2786,76	2065,88	1622,3
Время	12 мин 23 с	9 мин 52 с	5 мин 34 с	4 мин 07 с	3 мин 14с
Всего: длина, мм	17571,44	2723,31	11723,96	5046,73	6400,38
Время	16 мин 10 с	12 мин 26 с	8 мин 33 с	5 мин 07с	4 мин 50 с

На рисунке 9 показана траектория движения инструмента в соответствии со стратегией снятия припуска по оптимизированной

координате Z. Данные по длине переходов и времени их выполнения приведены в таблицах 4, 5.

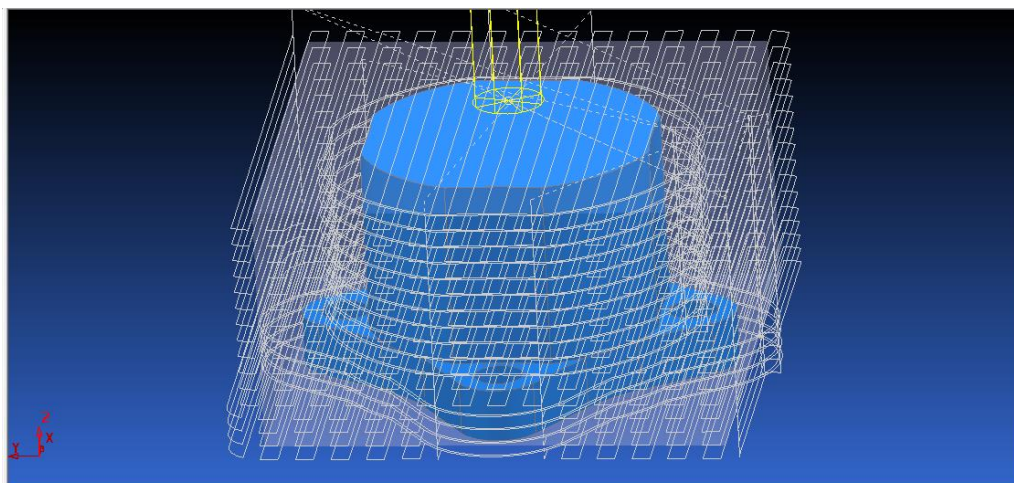


Рисунок 8 - Выборка растром 3D модели

Таблица 5 - Рабочие ходы (1-4 способа)

Параметр	1 способ: 1 траектория	1 способ: вторая траектория	2 способ:	3 способ	4 способ
Длина (линия), мм	46476,63	2723,31	55357,95	31741,57	35947,84
Время (линия)	46 мин 28с	2 мин 43 с	55 мин 21 с	31 мин 44 с	35мин 56с
Длина (дуга), мм	-	-	340,34	-	13313
Время (дуга)	-	-	20 с.	-	13 мин 18 с
Всего суммарно: длина	64048,07	15339,72	55698,29	31741,57	49260,84
Время	1 час 02 мин 39 с	15 мин 09 с	55 мин 41с	31 мин 44 с	49 мин 15с
Подъем	110	74	65	84	42

На рисунках 10 и 11 приведены траектории движения инструмента с выборкой смещением по 3D модели. После проверки на опасность столкновения также потребовалось корректировка вылета инструмента с пересчетом траектории движения инструмента.

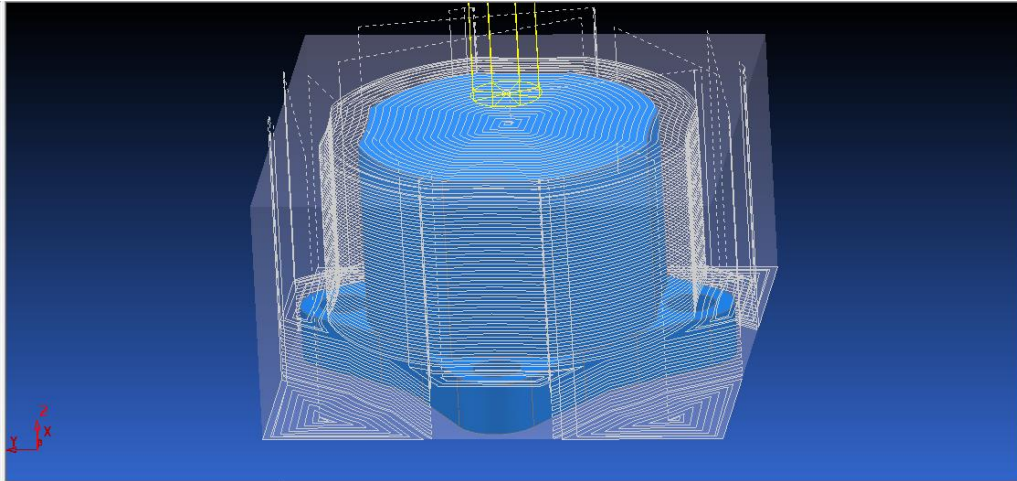


Рисунок 9 - Оптимизированная Z

Она была также разделена на два этапа, показанных соответственно на рисунках 10 и 11. Соответствующие статистические характеристики данной траектории приведены в таблицах 6 и 7.

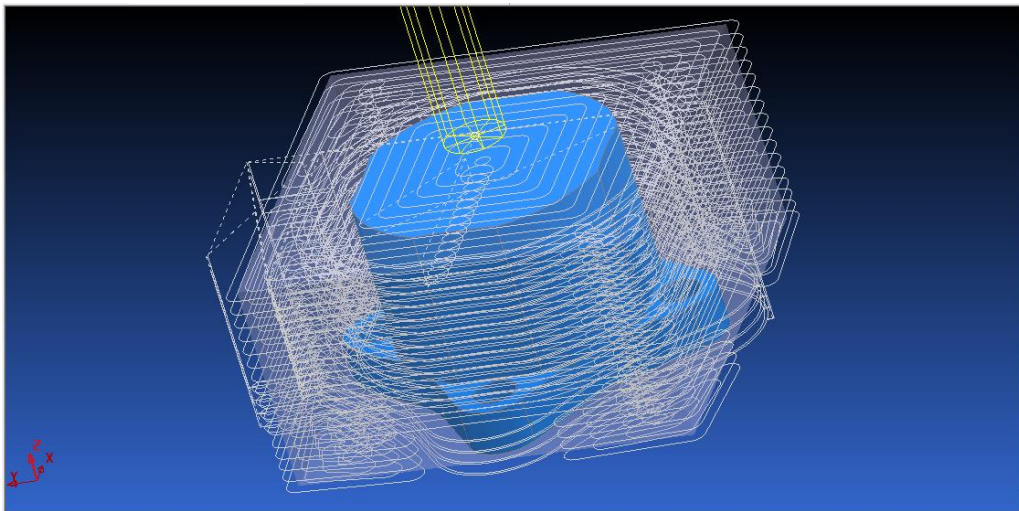


Рисунок 10 - Выборка смещением по 3D модели после коррекции по врезанию патрона с двойной траекторией (первая)

Последняя рассчитанная траектория с постоянной координатой Z показана на рисунке 12. Статистические данные по движениям также представлены в таблицах 6 и 7.

На рисунках 13 и 14 представлены сравнительные графики времени выполнения холостых и рабочих переходов, а также количество подъёмов инструмента для рассмотренных шести способов формирования траектории.

Таблица 6 - Подводы и переходы (5, 6 способы)

Параметр	5 способ: 1 траектория	5 способ: вторая траектория	6 способ
Ускоренный: длина, мм	4778,08	12476,77	10033,68
Время	1 мин 35 с	4 мин 09 с	3 мин 20 с
Врезание: длина, мм	1622,3	8797,13	4512,87
Время	3 мин 14 с	17 мин 35с	9 мин 01 с
Всего: длина, мм	6400,38	21237,9	14546,56
Время	4 мин 50 с	21 мин 45 с	12 мин 22 с

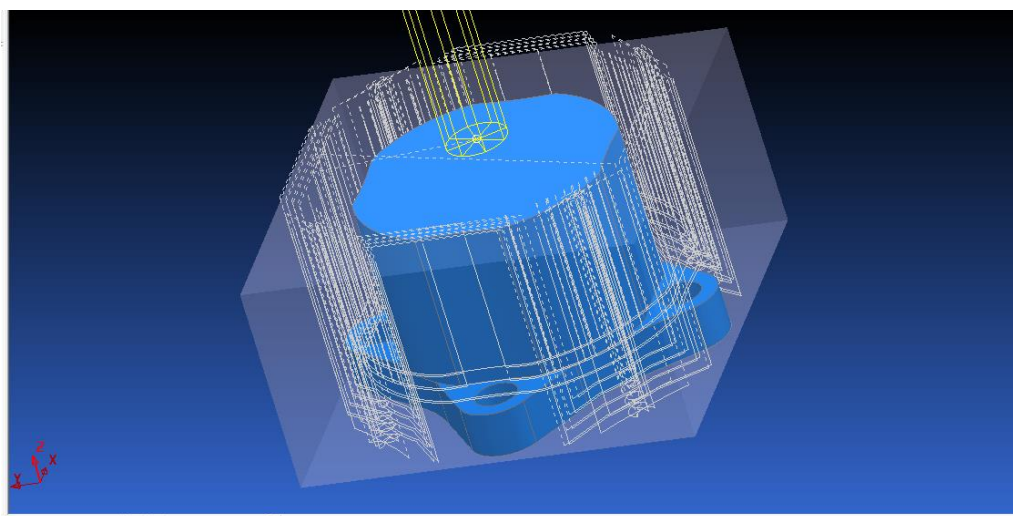


Рисунок 11 - Выборка смещением по 3D модели после коррекции по врезанию патрона с двойной траекторией (вторая)

Как видно на рисунке 13 наименьшая длина ускоренных перемещений у варианта снятия припуска номер 3. Соответствующее время перемещения тоже наименьшее для способа три. Вторым по оптимальности по данному критерию являются четвёртый способ снятия припуска (рисунок 14).

Таблица 7 - Рабочие ходы (5, 6 способы)

Параметр	5 способ: 1 траектория	5 способ: вторая траектория	6 способ:
Длина (линия), мм	35947,84	4199,2	22544,5
Время (линия)	35 мин 56 с	4 мин 11 с	22 мин 32с
Длина (дуга), мм	13313	-	-
Время (дуга)	13 мин 18с	-	-
Всего суммарно: длина	49260,84	4199,2	22544,5
Время	49 мин 15 с	4 мин 11 с	22 мин 32с
Всего суммарно: длина	55621,22	25473,1	37091,05
Время	54 мин 05 с	25 мин 57 с	34 мин 54 с
Подъем	42	150	121

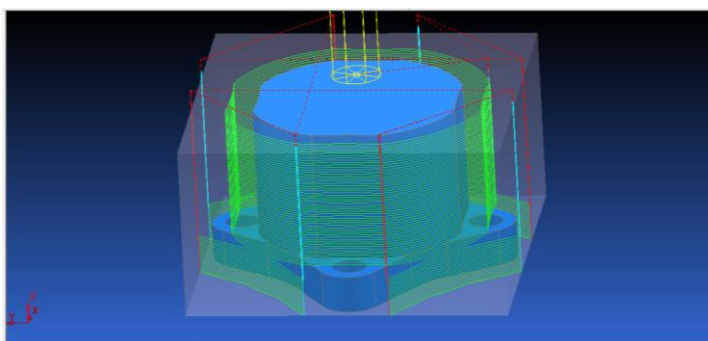


Рисунок 12 – Траектория с постоянной Z

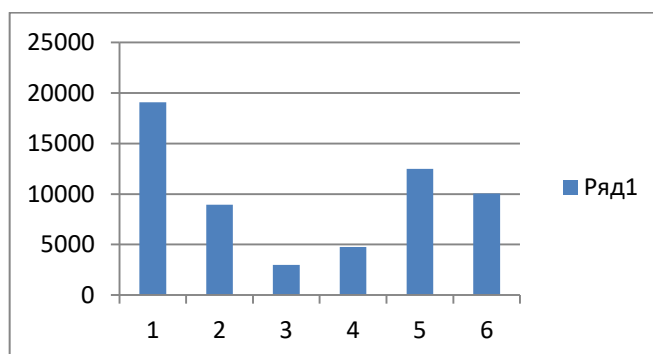


Рисунок 13 - Ускоренное перемещение, мм

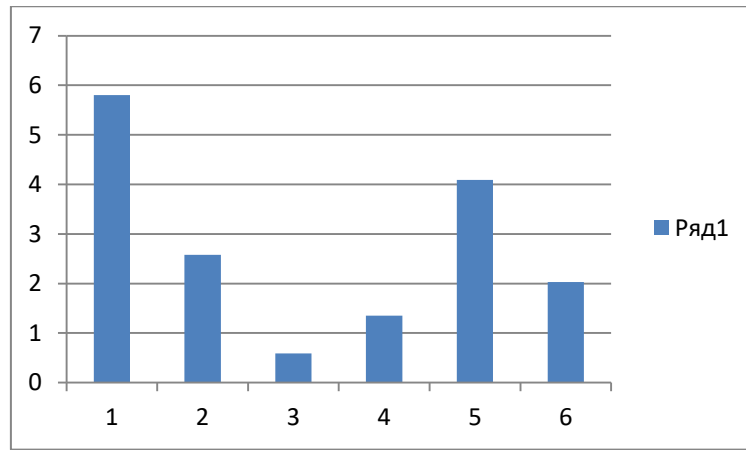


Рисунок 14 - Время ускоренного перемещения, мин

На рисунке 15 показана длина врезания. Здесь есть несколько оптимальных вариантов. Это способы снятия припуска 2, 3 и 4. Соответствующее время врезания также распределяется по этим способам.

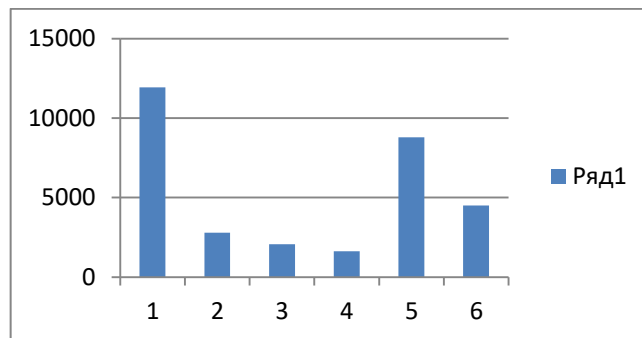


Рисунок 15 - Врезание, мм

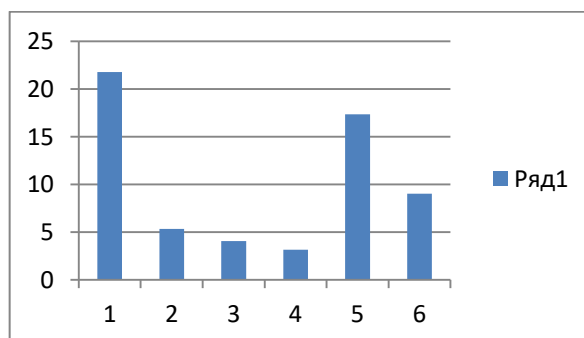


Рисунок 16 - Время врезания, мин



На рисунке 17 представлена общая длина рабочих ходов. Из всех вариантов наиболее оптимальное значение имеет шестой вариант. На 10000 мм больше рабочих ходов приходится на третий способ снятия припуска. Соответствующее время рабочих ходов, представленное на рисунке 8, распределяется таким же образом. Разница по времени между шестым и третьим вариантами равняется 10 минут.

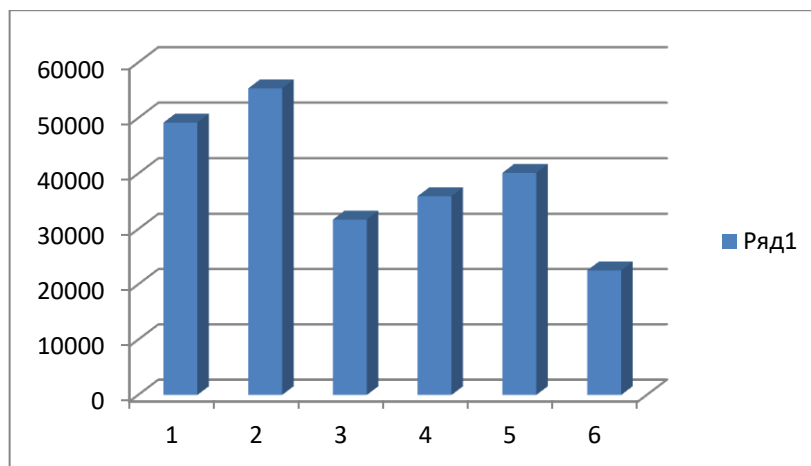


Рисунок 17 - Рабочий ход, мм

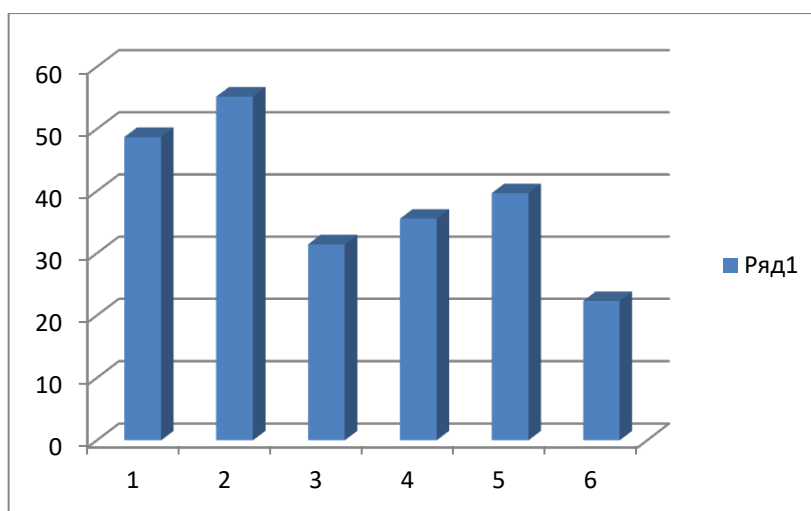


Рисунок 18 - Время рабочего хода, мин

В результате из рассмотренных стратегий обработки заготовки задней ступицы наиболее оптимальным вариантом являются варианты 3 и 6 способы снятия припуска. Общее время выполнения у них отличается незначительно. Это связано с тем, что для шестого способа обработки количество подъёмов инструмента почти в два раза превышает этот параметр у третьего способа снятия припуска.

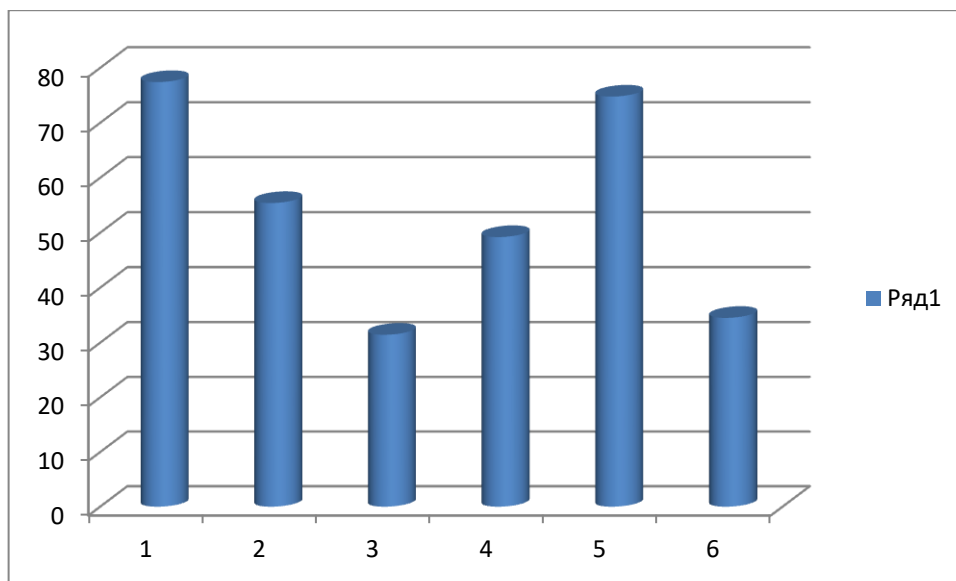


Рисунок 19 – Общее время перемещений, мин

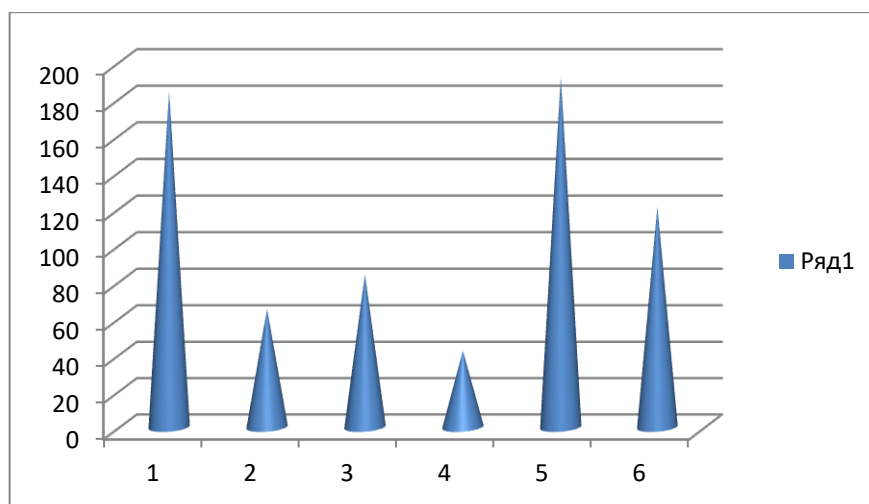


Рисунок 20 – Общее количество подъемов инструмента

Окончательно принимаем для проектирования технологического процесса изготовления задней ступицы 3 способ снятия припуска по координате Z.

Выполним расчёт для единичного производства штучного времени с учётом основного времени и частично вспомогательного, полученного в результате моделирования в программе PowerMill. Время для расчётов принимаем 31 мин 44 с.

$$T_{шт} = T_o + T_г + T_{об} + T_{от}, \quad (4)$$

где  $T_o, T_г, T_{об}, T_{от}$  - составляющие штучного времени согласно [13].

Время основных перемещений у нас была определена в расчёте.

Для вспомогательного времени дополнительно определим норму для установки и снятия заготовки с учётом используемого приспособления, время операционного контроля, а также время управления станком.

«Время установки снятия принимаем равным 0,3 мин, время управления станком 0,4 мин, время на операционный контроль и измерения 0,4 мин. Тогда суммарно вспомогательное время составит с учетом коэффициента серийного производства равного 2 в сумме 2,2 мин» [13].

«Для единичного производства дополнительное время на техническое и организационное обслуживание  $T_{об}$ , а также время на отдых и личные надобности  $T_{от}$  определяем в процентах суммарно от оперативного времени  $T_{оп}$ .» [14], которое составит для 31, 44 и 2,2 мин в сумме 33,64.

$$T_{от} = T_{оп} \cdot P_{от} / 100 \quad (5)$$

где  $P_{от}$  - время на отдых.

$$T_{оп} = T_o + T_г, \quad (6)$$

$$T_{on} = 31,44 + 2,2 = 33,64 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом} = \frac{33,64 \cdot 15}{100} = 5,05 \text{ мин.}$$

$$T_{ит} = 33,64 + 5,05 = 38,7 \text{ мин.}$$

В результате расчёта получается на пятой многоцелевой операции время составит 38,7 минуты.

На остальные операции технологического процесса изготовления задней ступицы расчёт проводится по табличным данным с использованием машиностроительных нормативов. Токарная операция для обработки цилиндрических поверхностей будет включать в себя обработку отверстий, как соосных, так и расположенных в проушинах фланца.

Все результаты расчётов приведены в приложении А в маршрутной карте.

#### Выводы по разделу

В разделе разработана маршрутная технология изготовления задней ступицы. Она включает в себя выбор единичного типа производства. Выбрана заготовка - прокат из плиты. Разработана маршрутная технология с выбором станков и оснащения.

Разработана технологическая многооперационная первая операция с определением траектории движения режущего инструмента концевой фрезы в результате сравнительного анализа возможных вариантов.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Подготовка данных для расчета приспособления

Для зажима заготовки ступицы на многоцелевой операции используются тиски с рычажным механизмом.

Для проектирования тисков необходимо определить величину рабочего давления в механизированном приводе зажима с учётом следующих начальных условий [19].

Обработка ведётся черновая фрезерованием с максимальным припуском материала Д16Т с пределом прочности  $\sigma_B$  равным 460 МПа

#### 3.2 Расчет сил резания

Расчёт необходимого усилия закрепления проводится с учётом возникающих сил резания. Для этого необходимо для назначенных режимов обработки рассчитать составляющие силы фрезерования по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{\text{ст}}^\omega} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (7)$$

где  $C_p$  – коэффициент для концевое фрезерования,  $C_p$  принимаем 12,5;

$x, y, u, q, \omega$  - показатели степени;

$K_{\text{мп}}$  - силовой поправочный коэффициент, который равен 0,85.

Для следующих параметров для  $x$  0,85,  $y$  равен 0,75;  $u$  равно 1;  $q$  равно 0,73 и  $\omega$  равно минус 0,13.

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20 \cdot 2}{20^{0,73} \cdot 312^{-0,13}} \cdot 0,85 = 2611 \text{ Н.}$$

Данную величину будет принимать сила резания при максимальных режимах обработки.

### 3.3 Расчет усилия зажима

Расчёт силы зажима будем вести исходя из схем базирования которые возникают на многооперационной операции при выполнении фрезерных переходов [4].

Схема базирования на установе А показана на рисунке 21, и на установе Б на рисунке 22.

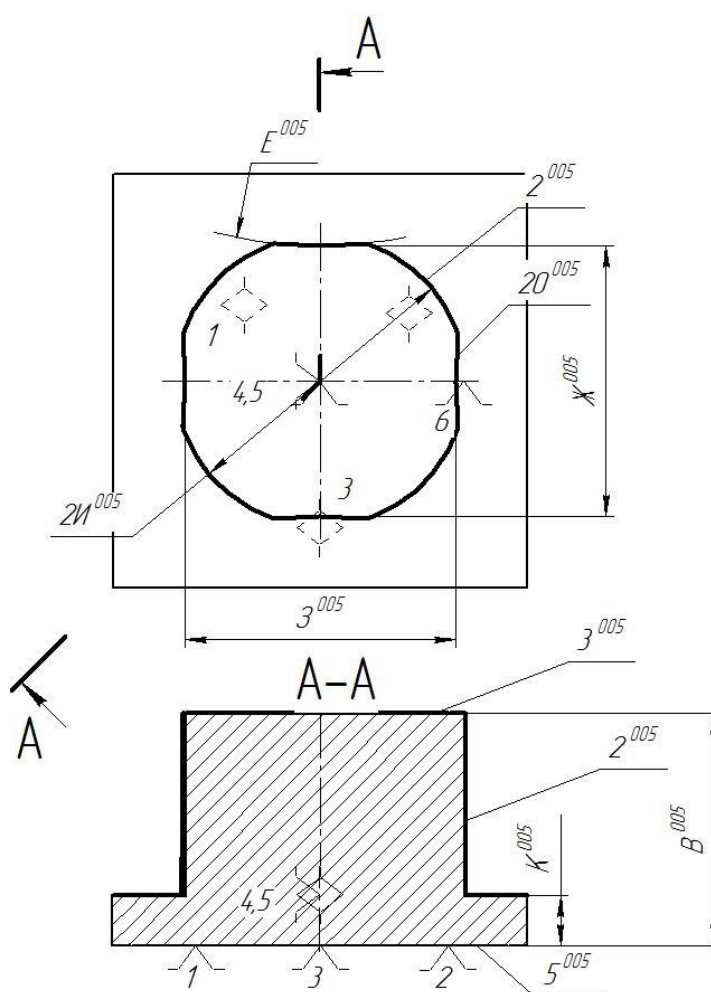


Рисунок 21 –Схема базирования на установе А

Возникает два варианта действия силы зажима и силы резания. В обоих случаях составляющие силы резания стремятся вырвать заготовку из кулачков патрона. Момент опрокидывания определяется расстоянием от

точки опоры или опрокидывания до точки действия силы резания мы её будем вообще этого на максимальном плече то есть при начальном снятии напуска. Схема расчёта резания показано на рисунке 23.

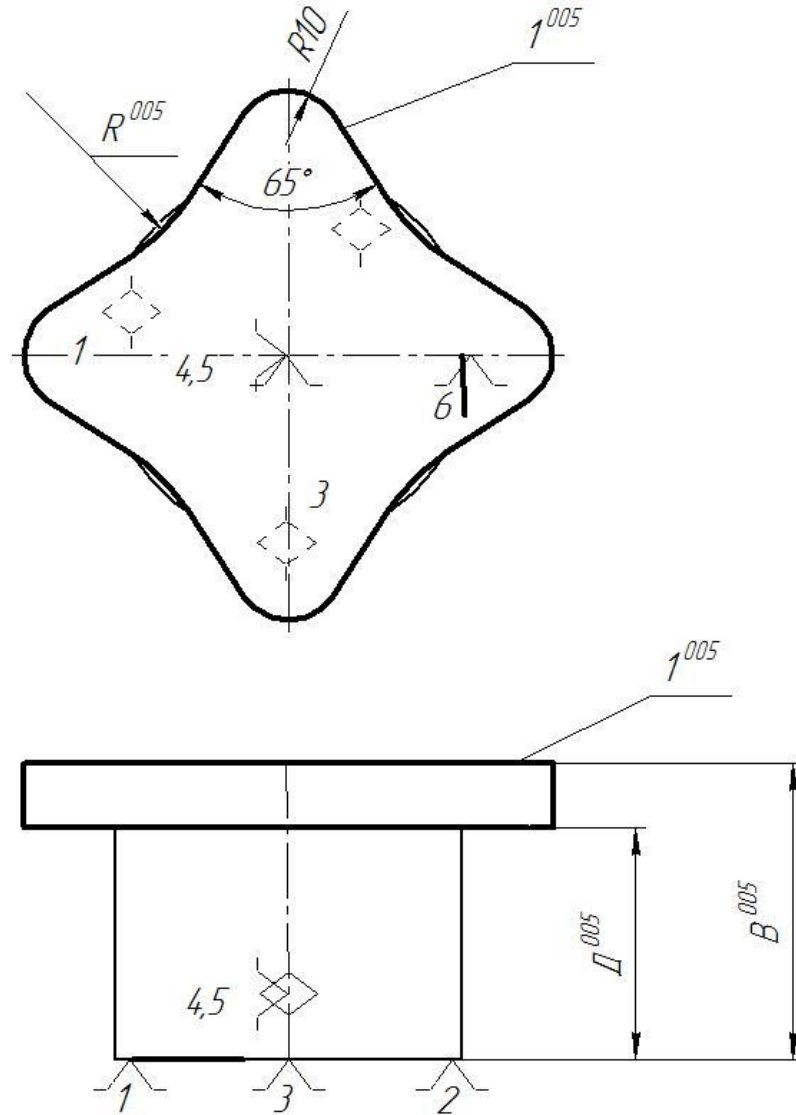


Рисунок 22 – Схема базирования на установе Б

Наиболее не благоприятная ситуация развивается на установе Б. Это связано с меньшими размерами базовой поверхности (рисунок 23). Для расчёта общего момента фрезерования необходимо учесть опрокидывающий момент от действия осевой силы  $P_x$ , которая находится в соотношении с тангенциальной с коэффициентом 0,5. Также действие опрокидывающего

момента от касательной силы на плече  $L_1$  и проворот заготовки в кулачках от действия радиальной силы на плече  $L_2$ , которая находится в соотношении 0,35 с тангенциальной составляющей силы фрезерования.

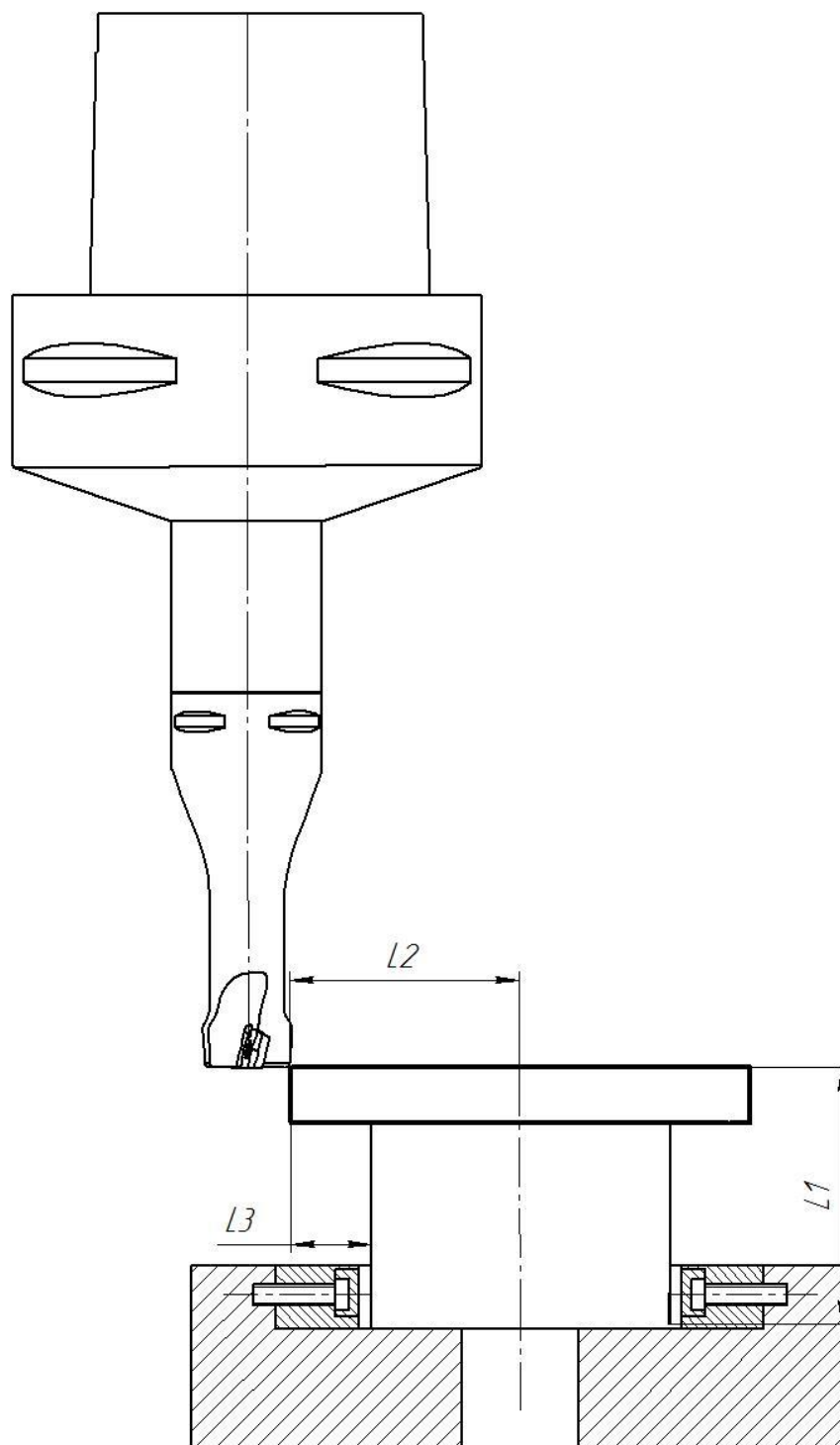


Рисунок 23 – Расчет сил зажима для фрезерования на установке Б



С учетом соотношения сил осевая составляющая равна 1305 Н, а радиальная 914 Н.

Тогда общий момент резания

$$M_p = P_z \cdot L_1 + P_y \cdot L_2 + P_x \cdot L_3, \quad (8)$$

где  $P_y, P_x, P_z$  – составляющие силы резания, Н;

$L_1, L_2, L_{z3}$  – плечи действия сил резания, м

$$M_p = 2611 \cdot 0,068 + 914 \cdot 0,061 + 1305 \cdot 0,021 = 260,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Силы зажима

$$W = \frac{k \cdot M_p}{f \cdot d_3}; \quad (9)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения, который равен 0,3;

$d_3$  – размер базовой поверхности ступицы, мм;

$k$  – коэффициент запаса по [22]

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (10)$$

где  $k_0$  – минимальный. Он и все следующие коэффициенты равны следующим значениям:  $k_0$  принимаем 1,5;

$k_1$  – по не стабильности силы равен 1,2;

$k_2$  – по затуплению инструмента равен 1;

$k_3$  – по механизации зажима равен 1;

$k_4$  – по эргономике равен 1;

$k_5$  – по установке на плоскость равен 1;

$k_6$  – для корпусных деталей равен 1.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Принимаем  $k$  равным 2,5.

После подстановки в формулу (9) получим:

$$W_P = \frac{2,5 \cdot 260,7}{0,3 \cdot 0,04} = 54314 \text{ Н.}$$

С учетом потерь на трение

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{4 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (11)$$

где  $l_k$  – выступание губок тисков, равное расстоянию до средней линии зажимной призмы от плоскости скольжения корпуса в П-образном пазу, мм;

$H_k$  – расстояние, которое равно длине губок в корпусе, мм;

$f_1$  - коэффициент трения.

Последний параметр принят для полусухого трения губок в направляющем пазу корпуса. Примем равным  $f_1=0,07$ .

$$W_1 = 54314 / \left( 1 - \left( \frac{2 \cdot 70}{50} \cdot 0,07 \right) \right) = 63823 \text{ Н.}$$

Это значение используем для расчета привода.

### 3.3 Расчет зажимного механизма

Усилие на приводе

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (12)$$

где  $i_c$  – коэффициент силовой передачи, который определяется по отношению плеч рычагов.

Отношение размеров равно из компоновки 0,92 (рисунок 24).

По соотношению плеч рычага получается уменьшение силы  $i_c=0,92$ .

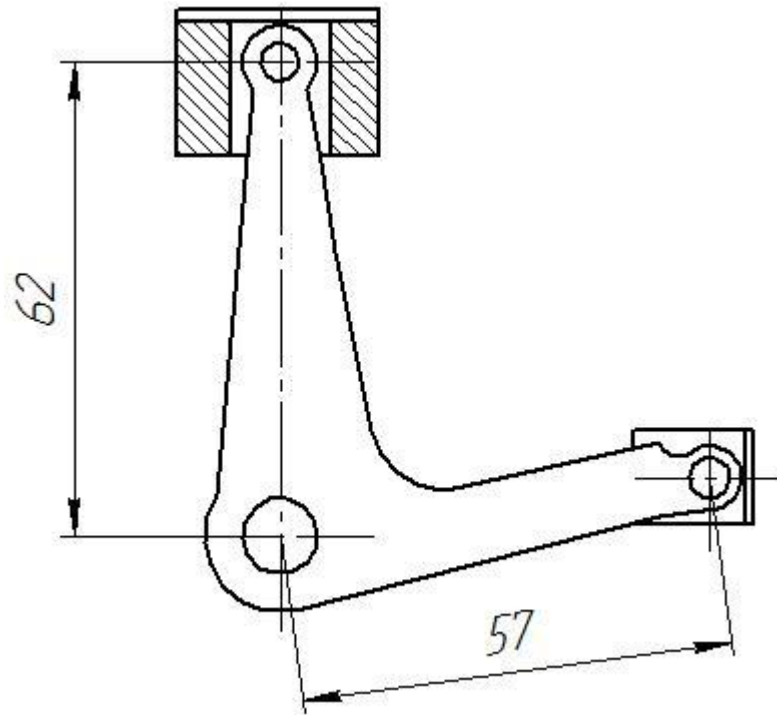


Рисунок 24 – Плечи рычага

$$Q = \frac{63823}{0,92} = 69372 \text{ Н.}$$

Ширина корпуса тисков минимум  $h$ , мм:

$$h = L_3 + 2 \cdot H_K, \quad (13)$$

где  $L_3$  – размер базовой поверхности, мм;

$H_K$  – размер кулачков, мм.

$$h = 123 + 2 \cdot 52 = 226 \text{ мм.}$$

Принимаем конструктивно с учетом возможных свесов чуть меньше 210 мм.

### 3.4 Расчет силового привода

Для проектирования привода механизированного зажима необходимо рассчитать диаметр поршня, который передает рабочее давление среды

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}}, \quad (14)$$

где  $P$  – давление среды, МПа.

Принимаем  $P=7,5$  МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{69372}{7,5}} = 108 \text{ мм.}$$

Примем 110 мм.

Для закрепления-раскрепления заготовки найдем ход поршня:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{\Pi}}, \quad (15)$$

где  $S_W$  – минимальное перемещение кулачков,  $S_W=25$  мм;

$i_{\Pi}$  - передаточный параметр по перемещению, обратный коэффициенту усиления (1,09).

$$S_Q = \frac{25}{1,09} = 23 \text{ мм.}$$

Принимаем  $S_Q = 23$  мм.

### 3.5 Расчет точности установки

Точность установки заготовки в данных тисках зависит от двух разных параметров. В направлении движения кулачков точность будет определяться зазорами в сопряжениях осей и рычагов, а также зазором между центральной осью и рычагом поворота, а также погрешностью изготовления плеч рычагов. В другом направлении погрешности установки будет определяться погрешностью выверки заготовки, которые производятся при помощи индикаторных устройств с точностью разрешения 0,001 мм.

Для первой цепи

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{2a_1^2 + 2a_2^2 + 2a_3^2 + a_4^2}, \quad (16)$$

где  $a_1$ —зазор между осью и вставкой, мм;

$a_2$  - зазор между вставкой и кулачком, мм;

$a_3$  - погрешность плеч рычага, мм;

$a_4$  - - погрешность изготовления размера кулачка, мм.

Принимаем все отклонения по 0,007 мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{2 \cdot 0,007^2 + 2 \cdot 0,007^2 + 2 \cdot 0,007^2 + 0,007^2} = 0,019 \text{ мм.}$$

Для направления, где выверка происходит при помощи индикаторного приспособления, погрешность будет определяться ценой деления шкалы - 1 мкм.

### 3.6 Описание работы тисков

Тиски предназначены для закрепления заготовки задней ступицы на многоцелевых операциях. Для установки используются подвижные губки 1, на которых при помощи винтов 24 закрепляются призматические установочные элементы 12. В пазы губок 1 входят подвижные вставки 8, которые соединяются с рычагами 7 при помощи валов 14. Сами рычаги 7 в корпусе 2 поворачиваются на осях 13. На нижнем фланце корпуса 2 запрессована крышка 10, по периметру которой на винтах 21 при помощи гаек 26 последовательно устанавливаются гильзы гидроцилиндра 3 и нижняя крышка 5. В крышку 10 и в нижнюю крышку 5 вкручиваются два штуцера 19 для подачи рабочей среды. Через центральное отверстие крышки 10 по цилиндрической направляющей корпуса 2 перемещается шток 6. На нижнем конце штока 6 при помощи гайки 27 фиксируется поршень 4, в котором в кольцевой проточке установлено манжетное уплотнение 28. Для герметизации рабочей полости с внутренней стороны корпуса 2 на крышке 10 в ступенчатой вставке фиксируется при помощи крышки 11 винтами 25 сальниковое уплотнение 20. По краям корпуса 2 на боковых сторонах закрепляется два кронштейна 18 при помощи винтов 22. В отверстия

кронштейна 18 вкручивается регулировочный винт 23 для выверки заготовки. На верхней части корпуса 2 установлены две направляющие пластины 17, которые крепятся на плоскости корпуса 2 при помощи винтов 22. В нижних пазах корпуса 2 при помощи винтов 30 закрепляются направляющие шпонки 29.

Тиски работают следующим образом. По шпонкам 29 приспособление устанавливается в пазах рабочего стола станка и по проушинам с двух сторон закрепляется Т-образными болтами. Штуцером 19 подсоединяются шланги для подачи рабочего давления масла. В исходном положении шток 6 с поршнем в верхнем положении и губки находятся в отведенном положении. После установки заготовки на плоскость губок 1 происходит выверка их положения при помощи регулировочных винтов 23 с использованием индикаторных приспособлений, которые на листе не показаны. После выверки в одном направлении регулировочными винтами 23, происходит подача рабочего давления в верхнюю полость гидравлического привода зажима. Поршень 4 тянет шток 6 вниз, рычаги 7 поворачиваются к центру приспособления, и происходит сближение губок 1, за счёт чего происходит закрепление заготовки. Установка и закрепление заготовки в виде прямоугольной плиты за счет контакта зажимных элементов призм 12 происходит по внешней прямой стороне. На установе Б происходит установка заготовки по цилиндрической поверхности и фиксация заготовки осуществляется при помощи призматических элементов зажимных призм 12. Для предохранения внутренней полости от попадания загрязняющих веществ, стружки, масла, внешнее отверстие в корпусе 2 закрывается крышкой 16. Для направления кулачков 1 П-образной формы используется корпус 2 и верхние направляющие пластины 17, которые обеспечивают необходимый зазор в вертикальном направлении. В кулачках 1 установлены вставки 9, соответственно в пазах в утолщенной части штока 6, вставки 8. Подвижные вставки 8, 9 обеспечивают непрерывный контакт рычажных элементов 7 с подвижными элементами кулачка 1 и штока 6. При подаче

давления в нижнюю полость происходит движение штока 6 с поршнем вверх и кулачки разворачиваются от центральной плоскости приспособления. Происходит раскрепление заготовки [29].

### 3.7 Расчёт и проектирование фрезы

Для обработки заготовки по контуру со снятием значительного припуска применим вместо стандартной концевой фрезы фрезу сборную (рисунок 25) [18]. Она имеет промежуточный адаптер, представленный на листе.

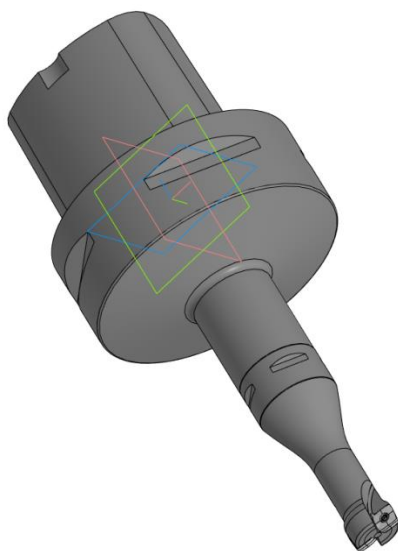


Рисунок 25- Эскиз фрезы с адаптером

Данный инструмент имеет два режущих зуба. С учетом применяемых пластин это позволяет увеличить производительность обработки по сравнению со стандартной концевой фрезой в 1,5 раза [25]. Кроме этого, механическое крепление режущих пластин обеспечивает их подбор, который может проводиться с учётом текущих условий обработки (для черновой обработки при снятии припуска используется одна пластина, для чистовой

обработки по обработанному уже контуру используется другая пластина, имеющая оптимальные свойства для проведения конкретного перехода) [28].

Фреза представляет ступенчатую державку с утолщением к концу, где происходит её закрепление в переходном адаптере. Это повышает жёсткость режущего инструмента, снижает затраты на инструментальный материал, обеспечивает более гибкую переналадку технологической системы на обработку других поверхностей. Закрепление инструментального блока по хвостовику Coromant Capto обеспечивает точное центрирование и надежную передачу крутящего момента на режущую часть инструмента. Выбор конструкционных материалов, из которых изготовлена державка для закрепления инструмента, обеспечивает дополнительное вибрационное гашение. Это обеспечивает повышение, как параметров точности, так и качества обработанной поверхности. Кроме этого, стойкость режущих пластин возрастает, что снижает затраты на вспомогательное время связанное с наладкой режущего инструмента или его заменой по истечению нормированного периода стойкости. Это позволяет сократить время обработки или повысить стойкость режущего инструмента, что снижает расходы и, в конечном итоге, приводит к снижению технологической себестоимости [27].

#### Выводы по разделу

В разделе выполнено для первой технологической операции спроектированного технологического маршрута, которая связана со снятием напуска и формированием чистового контура обрабатываемой детали, проектирование технологического приспособления. На данной операции используется приспособление в виде рычажных самоцентрирующих тисков. Они обеспечивают универсальный зажим, как по прямой, так и цилиндрической поверхностям. Для повышения эффективности обработки спроектирован режущий инструмент - концевая фреза с переходными адаптерами, обеспечивающими гашение вибраций в зоне резания.



## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

Задача – разработка мер по безопасности труда для спроектированной технологии изготовления задней ступицы гоночного автомобиля «Формула-студент».

### **4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта**

Технология изготовления разработанной детали - задней ступицы включает операции: заготовительная в виде резки проката на отрезном станке фрезой, многоцелевая для комплексной обработки вертикальный обрабатывающий центр MAZAK VTC-200 B.

Для токарных переходов используется обрабатывающий токарно-фрезерный центр EmcoTurn 365. В качестве оснащения на операциях применяют тиски, концевая сборная фреза для профильной обработки заготовки с твёрдосплавными пластинами T15K6.

Для сверления применяется сверла 2301-0850 диаметром 11 P6M5 ГОСТ 19546-74, для обработки отверстий в проушинах сверло 2310-0025 диаметром 9 P18 ГОСТ 28320-89. Для отделочной обработки используется зенкер 2320-0211 12 мм P6M5 ГОСТ 21581-76. Для токарных переходов используется сборной токарных инструмент MWLNL3225P08 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82. Для формирования канавок используется дисковая фреза T15K6. Для чистового растачивания отверстия применим резец К.01.4982.000-02 T15K6.

Под штифтование производится сверление отверстий после сборки 2301-1001 сверлом диаметром 6 мм P6M5 ГОСТ 19547-74.

Обработка ведется с использованием смазочно-охлаждающей жидкости - эмульсола.

## **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

К опасным и вредным производственным факторам в технологии изготовления задней ступицы относятся следующие опасные и вредные факторы.

На всех операциях это будут факторы, связанные с высоким уровнем температуры заготовки и инструмента, загрязнением воздушной среды в зоне дыхания вследствие запылённости, а также токсичностью из-за испарения СОЖ.

Металлорежущие станки создают опасность, связанную с воздействием электрического тока и электромагнитных полей. Процесс обработки происходит при вращении инструмента (до 400 об/мин), что будет вызывать повышенный шум и вибрации. Весь режущий лезвийный инструмент, а также стружка и заостренные кромки заготовки могут привести к травмированию. Операционный контроль связан с перенапряжением анализаторов (зрение).

Выполнение вспомогательных технологических переходов (установка-снятие заготовки) сопровождается психофизиологическим воздействием (статическое воздействие). Источниками данных факторов являются как сам станок, так и процесс резания, а также 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 защитной одежды, обуви, прорезиненных перчаток, а также защитных очков.

На самом оборудовании применяют защитные экраны, как для зоны резания, так и для быстродвижущихся узлов станка (роторы двигателя, передаточные механизмы, подвижные зажимные элементы приспособлений).

Для удаления испарений эмульсола, образующейся мелкой стружки и пыли, предусмотрена система местной вентиляции. Кроме этого, во всём производственном цеху используется общая вентиляция вытяжного типа с системой фильтрации выходящего воздуха.

Исполнители сборщики 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 механическом цехе, где размещается технологическое оборудование. Для данного подразделения класс пожарной опасности будут 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 огнетушащее средства.

Для тушения пожара рабочее подразделение оборудуется набором огнетушителей порошкового типа, пожарными гидрантами с напорными пожарными рукавами, средствами по пожарному оповещению с управлением эвакуацией.

Также используются автоматические извещатели, а для тушения пожара непосредственно исполнителями могут использоваться ручной инструмент – лопаты и топоры. Предусмотрены также ящики с песком.

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 изготовления задней ступицы с точки зрения воздействия на окружающую среду содержит следующие опасные факторы.

Воздействие на воздушную среду заключается в возможных токсических испарениях при высокотемпературной обработке (высокоскоростное фрезерование), 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 ветоши.

Для снижения влияния вредных факторов при воздействии на воздушную среду можно использовать фильтрационные системы, для снижения воздействия на сточные воды - локальную многоступенчатую очистку сточных вод, а для снижения влияния вредных факторов на литосферу - утилизацию полученных отходов на полигоне.

Следует отметить из-за единичного объёма выпуска изготовления задней ступицы (6 штук), объём вредных воздействий на окружающую среду минимальный.

#### **Выводы по разделу**

В ходе выполнения раздела по безопасности и экологичности технологического процесса изготовления задней ступицы, включающей в

себя заготовительную, многоцелевую, токарную, сверлильную, сборочную, 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 задней 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 подбор 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 отчистки 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.

Данный раздел, являются итоговым в написании бакалаврской работы, в ходе которой предлагается внести изменения в технологический процесс изготовления ступицы, а именно изменить способ выполнения операции.

Подробное описание предложенных совершенствований описано в предыдущих разделах бакалаврской работы, а краткое их описание представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления ступицы

Элементы технологического процесса	Базовый вариант	Проектный вариант
Оборудование	Токарный станок, модель 16К20Ф3	Многоцелевой центр, модель MAZAK VTC-200 B
Оснастка	Патрон трехкулачковый	Тиски
Инструмент	Резец расточной Т15К6, стойкость 40 минут	Фреза с закругленной режущей частью Т15К6
Трудоемкость	$T_O = 4,9$ мин $T_{шт} (шт-к) = 7,35$ мин	$T_O = 0,67$ мин $T_{шт} (шт-к) = 2,13$ мин
Особенности обработки		Обработка наружной поверхности по контуру, но дополнительно переходы по обработке отверстия не выносятся на отдельный станок – токарный, а выполняются совместно с наружной обработкой

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 9.

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 9 – 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «трудоемкость выполнения операций;</li> <li>- оборудование, оснастка и инструмент, применяемые в ТП;</li> <li>- технические характеристики оборудования (габариты и мощность);</li> <li>- количество необходимого оборудования (<math>H_{OB}</math>);</li> <li>- коэффициент загрузки оборудования (<math>K_3</math>)» [7]</li> </ul>	
Этап 2. Определение технологической себестоимости	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «основной материал (<math>M</math>);</li> <li>- основная заработная плата рабочих (<math>Z_{ПЛ.ОСН}</math>);</li> <li>- социальные отчисления (<math>НЗП</math>);</li> <li>- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (<math>P_{Э.ОБ}</math>);</li> <li>- технологическая себестоимость (<math>C_{ТЕХ}</math>)» [7]</li> </ul>	$M = M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ} - M_0 \cdot Ц_0$ $Z_{ПЛ.ОСН} = Z_{ПЛ.ОП} + Z_{ПЛ.Н}$ $НЗП = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_C$ $P_{Э.ОБ} = P_{ОБ} + P_{ПР} + \dots + P_i$ $C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ.ОСН} + НЗП + P_{Э.ОБ}$
Этап 3. Определение полной себестоимости	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «цеховая себестоимость (<math>C_{ЦЕХ}</math>);</li> <li>- производственная (заводская) себестоимость (<math>C_{ЗАВ}</math>);</li> <li>- полная себестоимость (<math>C_{ПОЛН}</math>)» [7]</li> </ul>	$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$ $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$ $C_{ПОЛН} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$
Этап 4. Определение инвестиций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «капитальные вложения в основное технологическое оборудование (<math>K_{ОБ}</math>);</li> <li>- сопутствующие капитальные вложения (<math>K_{СОП}</math>);</li> <li>- общий объем инвестиций (<math>K_{ИНВ}</math>)» [7]</li> </ul>	$K_{ОБ} = \sum H_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3$ $K_{СОП} = Z_{ПР} + K_{ПР} + \dots + K_i$ $K_{ИНВ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$
Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса	<ul style="list-style-type: none"> <li>- «чистая прибыль (<math>П_{ЧИСТ}</math>);</li> <li>- срок окупаемости (<math>T</math>);</li> <li>- чистый дисконтированный доход (<math>ЧДД</math>);</li> <li>- индекс доходности (<math>ИД</math>);</li> <li>- доход на капитал (<math>Д_{КАП}</math>)» [7]</li> </ul>	$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{П}$ $T = \frac{K_{ИНВ}}{П_{ЧИСТ}}$ $ИД = \frac{Д_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ИНВ}}$

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 оборудования.

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 26.

Анализируя рисунок 26 можно сделать вывод о том, что расходы по представленным параметрам снижаются, и позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 1,75%.

Результаты выполнения этапа 3 представлены на рисунке 27. Так как основой для определения полной себестоимости является технологическая себестоимость, то целесообразно данную величину включить в это графическое изображение.



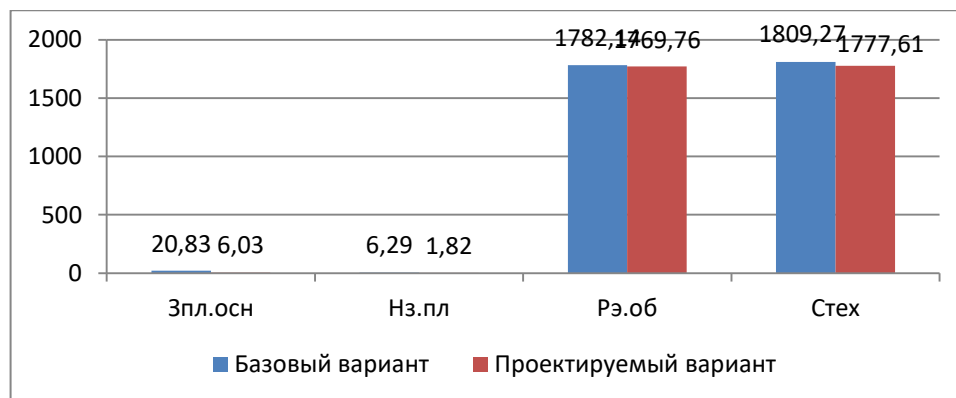


Рисунок 26 – Определение технологической себестоимости детали «Ступица», изменяемой операции по вариантам, руб.

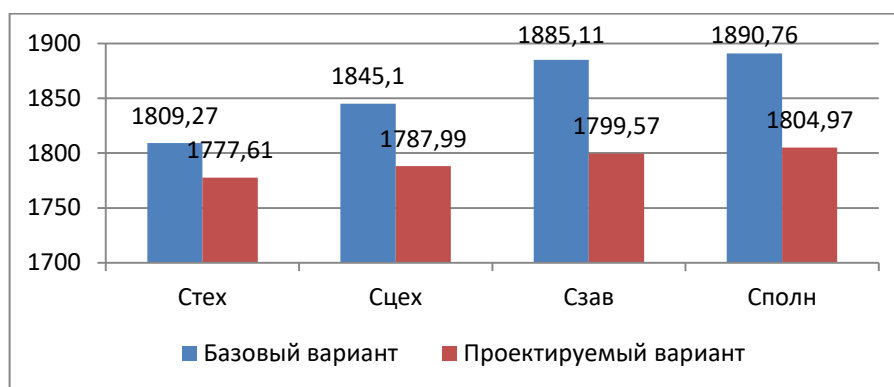


Рисунок 27 – Определение полной себестоимости, детали «Ступица», изменяемой токарной операции по вариантам, руб.

Значения, представленные на рисунке 27, также имеют тенденцию к снижению в проектируемом варианте. Разница величины полной себестоимости между вариантами составляет уже 4,54%, т.е. в проектируемом варианте полная себестоимость меньше на 85,79 рублей.

Результаты выполнения этапа 4 представлены на рисунке 28.

Как видно из рисунка 28, инвестиций потребуют: затраты на основное оборудование ( $K_{ОБ}$ ), затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ ), затраты на транспортные средства ( $K_{ТР}$ ); затраты на приспособление ( $K_{ПР}$ ); затраты на инструмент ( $K_{И}$ ), затраты на производственную площадь ( $K_{Э.ПЛ}$ ); затраты на корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $НЗП$ ). Учитывая полученную величину перечисленных параметров, общий

объем инвестиций ( $K_{ИНВ}$ ) составит 10199,17 руб. Результаты выполнения этапа 5 представлены в таблице 10.

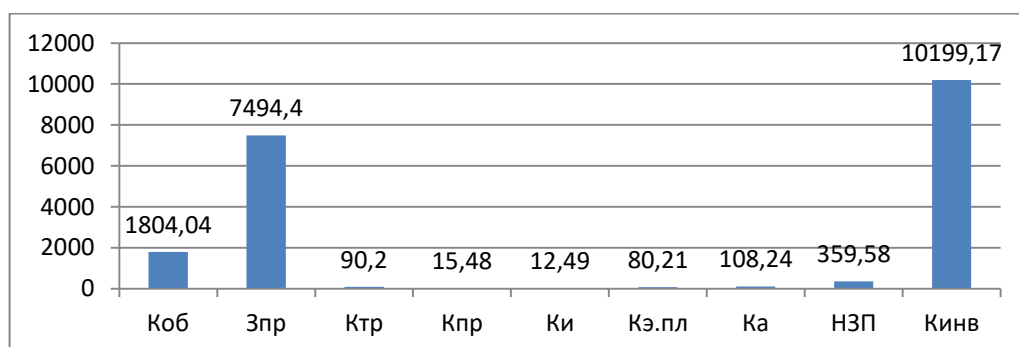


Рисунок 28 – Определение инвестиций на выполнение изменяемой операции детали «Ступица», руб.

Таблица 10 – Экономическое обоснование изменений технологического процесса

Экономический показатель, единица измерения	Условное обозначение	Значение
Общий объем инвестиций, руб.	$K_{ИНВ}$	10199,17
Чистая прибыль, руб.	$П_{ЧИСТ}$	4117,9
Срок окупаемости, год	$T$	4
Чистый дисконтированный доход, руб.	$ЧДД$	1201,3
Индекс доходности, руб. / руб.	$ИД$	1,12

Наиболее значимой величиной, из всех представленных в таблице 10, является числовое значение чистого дисконтируемого дохода, а именно то, что оно положительное. Это значит, что инвестиции вкладывать в предлагаемые изменения технологического процесса экономически целесообразно.

#### Выводы по разделу

Данные действия позволят получить дополнительную прибыль на каждый вложенный рубль в размере 1,12 рублей, что подтверждает значение индекса доходности.

## Заключение

В работе спроектирован технологический процесс изготовления задней ступицы.

Данная деталь является элементом подвески гоночного болида студенческого конструкторского проекта "Формула-студент". Деталь является ответственной, обеспечивает ходовые характеристики и безопасность эксплуатации гоночного автомобиля.

Выполнено проектирование конструкции детали с соблюдением всех необходимых требований. С учетом анализа технологичности внесены изменения в конструкцию детали для соответствия предложенной компоновки ходового узла.

Для единичного типа производства, к которому относится данный проект, разработана технология обработки этой детали из заготовки из листового проката. Данный способ получения заготовки является единственно целесообразным для данных производственных условий. Для проката разработана технология изготовления детали со снятием напуска на 005 операции методом профильного фрезерования. Для этого в программе PowerMill было разработано несколько траекторий движения инструмента. Из разработанных траектории по статистическим данным, к которым относятся время передвижения инструмента, а также общая длина рабочих и вспомогательных ходов, отобрана одна. В результате было получено минимальное основное и вспомогательное время. Для 005 операции, выполняемой на многоцелевом станке, разработано станочное зажимное приспособление для заготовки. Для повышения эффективности обработки спроектирован режущий инструмент - концевая сборная фреза с механическим креплением твердосплавных пластин.

В заключении предложены меры для спроектированных операции по охране труда и обеспечению экологичности. Предложенная конструкция режущего инструмента обоснована технико - экономические расчетом.

## 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. 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.

27. 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.

28. Tlusty J. Manufacturing Processes and Equipment (Prentice Hall, Eglewood Cliffs 2000)

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

Технологическая документация

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Площ.															
										2	1				
Разраб.	1														
Проверил	Ступица задняя														
Утвердил															
Н. контр.															
М 01	Круг 125 ГОСТ 2590-88 / Сталь 40Х ГОСТ 4543-71														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ					
М 02		кг	1,5	1	1		02	122x122x70	1	2,7					
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования		Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.	Тшт.
А03	000 2100 Обработка давлением														
Б04	1 1 1 1														
А05	000 4287 Абразивно-отрезная														
Б06	Абразивно-отрезной станок 8А230														
А07	005 4237 Многооперационная														
А08															
Б09	MAZAK VTC 200В														
А10	010 4110 Токарная														
А11															
Б12	Токарный центр ЕтсоТит 365														
А13	015 0125 Моечная														
Б14	Верстак														
А15	020 5000 Термическая обработка														
Б16	1 1 1 1														
МК	Маршрутная карта										2				



Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

		ГОСТ 3.1118-82								Форма							
Дубл.																	
Взам.																	
Плюбл.																	
		1										2					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КВИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз	Тшт.	
Б	Код. наименование детали. сб.		единицы или материала		Обозначение документа												
К/М	Наименование детали. сб.		единицы или материала		Обозначение кода												
A01	025 Сборочная																
B02	Сверлильный станок 2Н125									1	1	1					
A03	030 0125 Моечная																
B04										1	1	1					
A05	035 Контрольная																
B06										1	1	1					
T07																	
O08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК	Маршрутная карта																3

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Табл.										
									1	1
Разраб.	Аминов А.А.								1	
Проверил	Расторгуев Д.А.									
Утвердил	Логинев Н.Ю.									
Н. контр.	Расторгуев Д.А.									015
Наименование операции										
Многооперационная		Материал	Д16Т ГОСТ 4784-97	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тв	кг	1,5	122x122x70	2,7	1	
VTC-200В				То	Тв	Т пз.	Тшт.	СОЖ		
				31,44	2,4		38,7			
Р			ПИ	Д или В	L	t	i	s	n	v
T01	Тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75									
O02	1. Установить и закрепить заготовку									
O03	2. Фрезеровать поверхности									
T04	Фреза диаметр 20, z=2 Т15К6									
P05				122	122	1,5	0,5	1186	298	
O06	3. Переустановить, выверить и закрепить заготовку									
O07	4. Фрезеровать поверхности									
T08	Фреза диаметр 20, z=2 Т15К6									
P09				122	122	1,5	0,5	1186	298	
10	5. Сверлить									
11	2302-1066 Сверло диаметр 14 Р18 ГОСТ 20696-75									
12				14	15	7	4	0,45	926	
13	5. Сверлить									
OK	Операционная карта									5

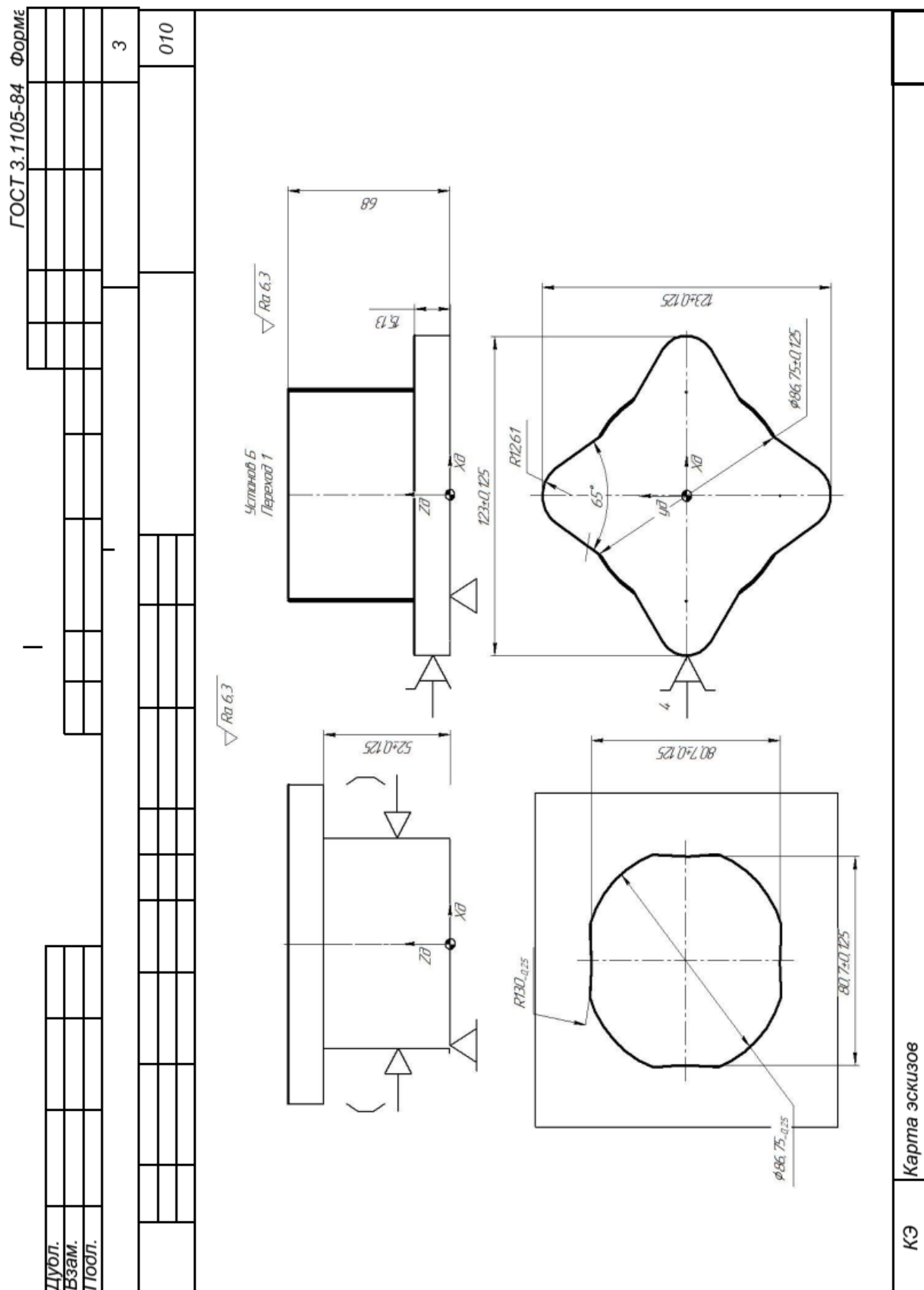
Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дубл. Взам. Площ.	ГОСТ 3.1404-86 Форма												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Р	Д или В	L	t	i	s	n	v						005
T01	2302-1057 Сверло 12 Р18 ГОСТ 20696-75												
T02	3 11 70 5,5 1 0,45 926												
O03	7. Зенкеровать отверстие												
T04	Зенкер 12 мм 035-2320-0505 ОСТ 2И22-1-80 Р6М5К5 4 12 70 0,5 1 0,45 796 30												
O05	8. Фрезеровать отверстия предварительно												
T06	Фреза диаметр 20 Т15К6 5 50 50 0,45 0,3 1373 345												
O07	9. Фрезеровать отверстия окончательно												
T08	Фреза диаметр 20 Т15К6 5 50 50 0,45 0,05 1843 345												
O9													
T10	10. Фрезеровать канавку												
T11	2223-4821 Фреза дисковая 60 Р8МЗК6С ГОСТ 23247-78												
T12	6 88 88 2 1 0,15 1200 30												
T13	11 Раскрепить и снять заготовку												
T14													
T15													
T16													
T17													
T18													
OK	Операционная карта										7		

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1105-84		Форме	
Дубл.			
Взам.			
Попл.			
			3
			010
КЭ	Карта эскизов		

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			22.ВКР.ОТМП.244.70.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
		1	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0001	Подвижная губка	2	
		2	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0002	Корпус	1	
		3	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0003	Ось	2	
		4	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0004	Поршень	1	
		5	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0005	Крышка	1	
		6	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0006	Шток	1	
		7	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0007	Кольцо	2	
		8	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0008	Вставка	2	
		9	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.0009	Призма	2	
		10	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.010	Крышка	1	
		11	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.011	Крышка	1	
		12	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.012	Ось	2	
		13	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.013	Ось рычага	2	
		14	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.014	Валик	2	
		17	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.017	Плита	2	
		18	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.018	Кронштейн	2	
		19	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.019	Штуцер	2	
		20	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.020	Уплотнитель кольцевой	2	
		22	22.ВКР.ОТМП.244.70.00.022	Винт регулировочный	2	
			22.ВКР.ОТМП.244.70.00.000.СП			
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Разраб.	Аминов А.А.		
			Проб.	Расторгуев Д.А.		
			Н.контр.	Расторгуев Д.А.		
			Утв.	Логинов Н.Ю.		
			<b>ТУСКУ</b>			Лит.
						Д
						ТГУ ТМб-1801а

Копировал

Формат А4



Приложение В

Спецификация фрезы

Таблица В.1 – Спецификация фрезы

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			22.ВКР.ОТМП.244.75.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
		1	22.ВКР.ОТМП.244.75.00.001	Хвостовик	1	
		2	22.ВКР.ОТМП.244.75.00.002	Корпус	1	
		3	22.ВКР.ОТМП.244.75.00.003	Пластина	2	
		4	22.ВКР.ОТМП.244.75.00.004	Винт зажимной	2	
22.ВКР.ОТМП.244.75.00.000.СП						
Изм./Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Аминов А.А.				
Пров.		Расторгуев Д.А.				
Н.контр.		Расторгуев Д.А.				
Утв.		Логинав Н.Ю.				
<b>Фреза</b>				Лит.		Лист
<b>Фреза</b>				Д		1
<b>Фреза</b>				<b>ТГУ ТМб-1801а</b>		