

Аннотация

Технологический процесс изготовления задней ступицы для болида проекта «Формула-студент». ТГУ - Тольятти. 2020

В данной работе приводится результат проектирования технологии изготовления задней ступицы, входящего в ходовую часть гоночного болида студенческого междисциплинарного проекта «Формула - студент». Выполнено проектирование самой детали с учетом изменений в компоновке автомобиля. Назначены с учетом служебного назначения требования, проанализирована технологичность конструкции детали. Материал детали алюминиевый сплав Д16Т. Для единичного типа производства выбран тип заготовки прокат – плита. Разработка технологии включает выбор маршрута по обработке отдельных поверхностей, комбинация их в операции. Для обработки сложного, комбинированного профиля ступицы, который включает поверхности вращения и фланец с плавными переходами, используется обрабатывающий центр. Данная операция рассматривается подробно с выбором и проектированием оснастки, режущего инструмента, определением припусков и операционных размеров, выбором режимов резания и нормированием аналитическим способом. Конструирование оснастки выполнено с учетом последних достижений в области машиностроения на основе обзора. Единичный тип производства определяет структуру технологического процесса, тип оборудования на операциях и технологическое оснащение. Подробность проектирования: маршрутно-операционная с разработкой наладки на самую сложную операцию.

Для обеспечения соответствия спроектированной технологии современным экологическим нормам разработан соответствующий раздел работы, в котором также определены требования по сбережению здоровья работников, занятых в данном производстве. Экономический расчет обеспечивает обоснованность рассмотренной технологии.

Abstract

Technological process of manufacturing the rear hub for the car project "Formula-student". TSU-Tolyatti. 2020

This paper presents the result of designing the manufacturing technology of the rear hub, which is part of the running gear of the racing car of the student interdisciplinary project "Formula - student". The design of the part itself was carried out, taking into account changes in the layout of the car. The requirements were assigned taking into account the service purpose, and the manufacturability of the part design was analyzed. The part material is aluminum alloy D16T. For a single type of production, the type of billet rolled – plate is selected. The development of the technology involves choosing a route for processing individual surfaces, combining them in an operation. A machining center is used to process a complex, combined hub profile that includes rotation surfaces and a smooth transition flange. This operation is considered in detail with the selection and design of tooling, cutting tools, determining allowances and operating sizes, selecting cutting modes and rationing by analytical method. The design of the equipment is based on the latest achievements in the field of mechanical engineering based on the review. A single type of production determines the structure of the technological process, the type of equipment on operations, and the technological equipment. Detailed design: route-operating system with the development of adjustment for the most complex operation.

To ensure that the designed technology meets modern environmental standards, a corresponding section of work has been developed, which also defines the requirements for saving the health of workers engaged in this production. The economic calculation provides the validity of the considered technology.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ состояния вопроса	7
1.1 Служебное назначение задней ступицы	7
1.2 Классификация поверхностей.....	8
1.3 Анализ технологичности задней ступицы	9
Выводы по разделу:.....	10
2 Технологическая часть работы	11
2.1 Выбор типа производства.....	11
2.2 Выбор и проектирование заготовки	12
2.2 Выбор методов обработки.....	12
2.3 Расчет припусков на обработку	13
2.4 Разработка технологического маршрута и схем базирования.....	15
2.5 Выбор баз, обоснование схем базирования	17
2.6 Расчет режимов в программе	17
2.7 Выбор средств технологического оснащения	21
2.8 Проектирование операций.....	22
Выводы по разделу:.....	27
3 Проектирование специальных средств оснащения	28
3.1 Подготовка данных для расчета приспособления	28
3.2 Расчет сил резания.....	28
3.3 Расчет усилия зажима	29
3.3 Расчет зажимного механизма.....	33
3.4 Расчет силового привода	33
3.5 Расчет точности установки в патроне	34
3.6 Описание работы патрона	34
3.8 Расчёт и проектирование ступенчатого сверла.....	36
Выводы по разделу:.....	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	38

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и технические средства снижения рисков.....	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	41
4.6 Выводы по разделу.....	42
5 Экономическая эффективность работы.....	44
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А_Технологическая документация.....	54
Приложение Б_Спецификация приспособления.....	62

Введение

В рамках инженерно-спортивного проекта «Формула - студент» студенты на примере проектирования гоночных болидов осваивают навыки конструирования современных транспортных средств, разработки технологий изготовления деталей машины, сборки их по заданным требованиям, испытаниям и эксплуатации в ходе соревнований. Каждый год модель гоночного болида обновляется. Все этапы проектирования студенческие команды должны повторять. В ходе работ навыки и умения участников проекта совершенствуются. Наряду с выявлением допущенных просчетов и исправлением выявленных недостатков, все это приводит к все более высоким характеристикам спроектированного болида. Требования к узлам и деталям возрастают. Для обеспечения этих требований требуется совершенствовать технологические процессы по изготовлению деталей, входящих в узлы гоночного болида. Особенно это актуально для деталей, которые определяют безопасность движения, как элементы подвески. Также они обеспечивают ходовые качества автомобиля, что сказывается на спортивных достижениях проекта. Поэтому в работе, в ходе проектирования технологического процесса изготовления задней ступицы гоночного болида, используются последние достижения в области технологии машиностроения, производительные станки, стойкий инструмент.

Конструкция детали предусматривает установку ее на привод с фиксацией на ней колеса. Исходя из этого назначение детали – передача крутящего момента с двигателя на колеса, что определяет очень высокие требования к техническим характеристикам ступицы. Особенность в том, что некоторые технологические переходы выполняются с другой, сопрягаемой деталью, в сборе.

Особенность технологии связана также с выбором материала – алюминиевого сплава, который для единичного производства доступен в виде плиты.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение задней ступицы

Задняя ступица гоночного болида проекта формула студент относится к ходовой части и предназначена для передачи крутящего приводного момента от привода на колеса.

Задняя ступица гоночного болида имеет фланцевую форму со ступенчатым отверстием, в которое устанавливается граната. Она фиксируется в ней при помощи шести штифтов. Три из них параллельны оси детали и выполнены по периметру установочного отверстия. Три радиальные и все выполнены под 120° . По конструктивным особенностям деталь относится к деталям средней жесткости.

Задняя ступица гоночного болида в ходе работы испытывает значительные статические и динамические нагрузки, в том числе реверсные.

С учетом указанных условий работы и служебного назначения (высокие требования по моментам) необходимо использовать материал, который имеет необходимые параметры по прочности, износостойкости и усталостной выносливости. Материал задней ступицы –алюминиевый сплав Д16Т ГОСТ 4784-97.

Он имеет следующие основные параметры [9]:

- степень обрабатываемости – нормальная (твердый сплав коэффициент 1,2 и быстрорежущий сплав 0,95);

- предел прочности после закалки $\sigma_b = 440$ Мпа;

- плотность 2780 кг/м³;

- твердость при сечении до 100 мм не более НВ 130.

1.2 Классификация поверхностей

С учетом описанного выше служебного назначения ступицы систематизируем поверхности с учетом их функционального назначения (рисунок 1 – 3, таблица 1).

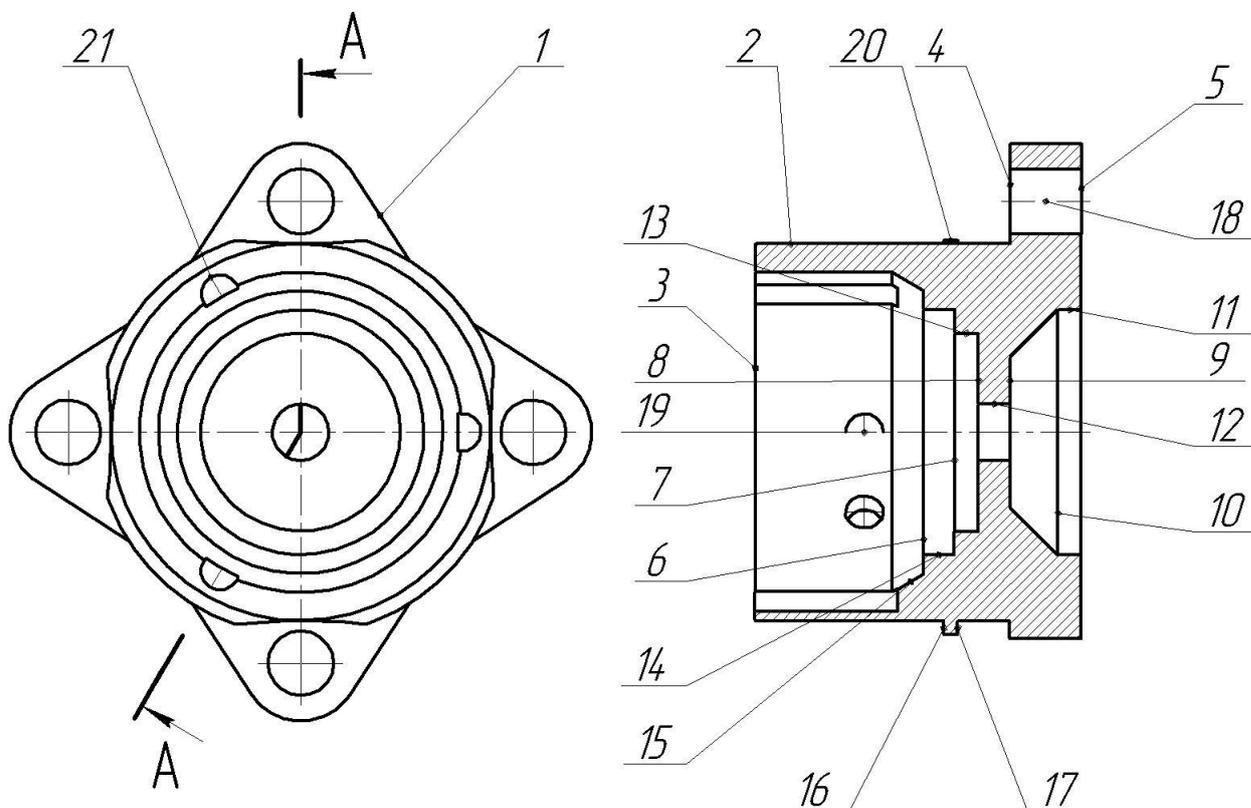


Рисунок 1 – Эскиз ступицы задней

Таблица 1 - Классификация поверхностей детали по функциональному назначению

Вид поверхности	Номер поверхности
1 Исполнительный	Шейка 5 Пазы- 3, 4 Отверстие резьбовое - 29
2 Конструкторские базы	
2.1 Основные	Шейки –11, 20 Буртик - 9
2.2 Вспомогательные	Шейки –15, 17, 21 Буртики – 13, 18, 22
3 Свободные	Остальные

1.3 Анализ технологичности задней ступицы

Конструкция задней ступицы имеет стандартные, унифицированные конструктивные элементы. Для задней ступицы такой формы и габаритов можно использовать типовой технологический процесс. Доступность инструментов и средств контроля обеспечивается.

По базированию и закреплению вопросов не возникает. Но для уменьшения вспомогательного времени будет решаться вопрос с токарной обработкой с одного станка. Одно из отверстий представляет комбинацию ступенчатого и конического отверстий, что потребует нескольких последовательных переходов. Все остальные характеристики по опорным поверхностям, совмещению баз, параметрам баз отвечает критериям технологичности.

Задняя ступица по всем критериям соответствует принципам технологичности. В ходе технологического процесса по его изготовлению не будут возникать проблемы.

Деталь ступица задняя болида проекта «Формулы-студент» имеет сложную конструктивную форму. Эта деталь имеет много фасонных поверхностей, выполненных с определенным радиусом. Внутреннее отверстие имеет сложную ступенчатую форму с коническим участком. В отверстие под 120° выполнены продольные полу отверстия под штифты. На цилиндрической поверхности под 120° выполнены радиальные отверстия также под штифты. С одной стороны ступица имеет фланцевую форму с проушинами с отверстиями для закрепления колес. С другой стороны отверстие выполнено по 7 качеству точности размеров и используется для посадки на ось.

Деталь изготавливается из деформируемого алюминиевого сплава. Для получения детали в единичном производстве необходимо использовать прокат - плиту. Ступица задняя вырезается из алюминиевой плиты по

контуру. Поверхности вращения на более поздних стадиях технологии обрабатываются на станках токарного типа. Фланцевая часть детали фрезеруется на вертикальном обрабатывающем центре. Отверстие в проушине также обрабатывается на станке этого типа. Обработка отверстий под штифты, продольные и радиальные, проводится на том же станке. Поверхности вращения, наружные и внутренние, формируются при обтачивании и растачивании. Предварительно отверстие сверлят в сплошном материале и далее по возможности цекуются или зенкеруются с последующим растачиванием по контуру. Отверстия в продольном направлении по периметру обрабатываются совместно в сборе с соответствующим узлом. Фасонные радиусные поверхности обрабатываются также на обрабатывающем центре.

Все технологические операции выполняются лезвийными методами. Переходы включают в себя черновую, получистовую и чистовую обработки. Расчет операционных припусков и размеров ведем для точного отверстия. На все остальные поверхности назначаем припуск табличный по справочным данным. Форма заготовки самая простая призматическая, поэтому все поверхности имеют напуски.

Выводы по разделу:

В первом разделе был проанализирован режим работы детали задней ступицы, который входит в ходовую часть гоночного болида студенческого проекта «Формула Студент». Деталь является ответственной, определяет безопасность, управляемость гоночного болида. Проанализирована технологичность. Данный тип детали имеет много элементов, которые будут представлять трудность при обработке.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Тип производства соответствует единичному. Определен по заданию (годовой объем задан $N=10$ деталей в год) и массе задней ступицы (по чертежу) $m=1,6$ кг.

Систематизация поверхностей по техническим требованиям приведена в таблице (таблица 2).

Таблица 2 – Требования по поверхностям

Вид	Квалитет	Дополнительные требования, мм	Шероховатость, мкм
1	2	3	4
1 Плоскость	12	-	3,2
2 фаска	12	-	
3 Паз	10	Симметричность 0,05	2,5
4 Паз	8	-	3,2
5 Шейка цилиндрическая	7	-	1,6
6 Канавка	12	-	3,2
7 Плоскость	12	-	2,5
8 Шейка цилиндрическая	8	-	1,6
9 Плоскость	12	-	2,5
10 Канавка	12	-	3,2
11 Шейка цилиндрическая	8	-	1,6
12 Фаски	12	-	3,2
13 Плоскость	12	-	3,2

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
14 Канавка	12	-	3,2
15 Шейка цилиндрическая	7	Радиальное биение 0,012	1,6
16 Канавка	12	-	3,2
17 Шейка цилиндрическая	9	Радиальное биение 0,012	1,6
18 Плоскость	12	-	3,2
19 Канавка	12	-	3,2
20 Шейка цилиндрическая	8	-	3,2

2.2 Выбор и проектирование заготовки

Для условий единичного производства изготавливать штамповую или литейную оснастку не целесообразно. Поэтому экономическое сравнение вариантов проводить не будем. Заготовку задней ступицы можно получить или из поковки или из проката. Необходимо учесть, что тип производства единичный, габариты детали не очень большие. Поэтому без сравнения можно сразу принять способ получения заготовки - прокат. Так как наибольший размер обрабатывается по контуру, заготовку будем вырезать из проката плиты.

Припуски на обработку поверхностей заготовки будем назначать по табличным данным [3]. Все обрабатываемые поверхности будут иметь напуск. Масса детали по чертежу $m=2,8$ кг.

2.2 Выбор методов обработки

Для детали типа фланец, небольших габаритов из сплава Д16Т с учетом технических требований, указанных в чертеже, определяем

последовательность обработки поверхностей [14] и заносим данные в таблицу 3.

В ней поверхности сгруппированы по вариантам обработки.

На первом и втором этапе токарной обработки обеспечивается размерная точность, показатели точности расположения отверстий. На тонком точении- растачивании преимущественно обеспечивается качество поверхности – ее шероховатость с повышением качества до окончательного значения.

Твердость материала заготовки обеспечивается за счет формирования закалочной структуры и повышения прочности и твердости на этапе закалки.

2.3 Расчет припусков на обработку

Обработка отверстия диаметром 80 мм проходит из сверления, растачивания черного и чистового, тонкого. Растачивание черное и чистовое проводится с одного установа. В таблицу 2.3 сведены расчетные данные по методике из [14].

Суммарное пространственное отклонение будет включать только увод и погрешность зацентровки [15]:

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

где $\rho_{ув} = \Delta_k \cdot l = 0,05 \cdot 68 = 3,4$ мкм – увод отверстия, мкм;

$\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки при сверлении, $\rho_{ц} = 0,15$ мм.

$$\rho_z = \sqrt{(0,0034)^2 + (0,15)^2} = 0,15 \text{ мм.}$$

Из-за особенностей установки заготовки на токарной операции будет происходить значительное уменьшение пространственных отклонений по отношению к первоначальному. После черного перехода они составят

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

В принципе учитывать в следующих переходах ее нет смысла, так она на порядок меньше снимаемого припуска.

Припуск считается как:

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

где все элементы припуска указаны в таблице 3. Аналогично производим расчет по остальным графам таблицы 3.

Для данной поверхности первый переход будет связан с удалением напуска, поэтому расчетный припуск и размер определяется для черного перехода, а до этого обработка будет вестись с максимальным припуском 3 мм. Для обработки максимального диаметра можно использовать припуск до 3 мм на сторону. На диаметр напуск составит 23 мм с диаметра просверленного отверстия 12 мм.

Таблица 3 - Припуски на поверхности диаметром 68 по переходам

Переход	Дефектный слой, мкм	Шероховатость, мкм	Отклонения формы, мкм	Погрешность установки, мкм	Допуск	Припуск минимальный	Припуск максимальный	Припуск средний	Размер минимальный	Размер минимальный
Сверление (напуск)	30	20	50	400	250	-	-	-	12	12,25
Растачивание черное	10	20	7	320	250	1,2	5	3,1	65,55	66,8
Растачивание чистовое	5	10	3	16	60	0,798	0,988	0,45	67,538	67,598
Растачивание тонкое	3	3	-	30	30	0,432	0,462	0,22	68	68,03

Для заготовки выбираем плиту размерами: длина и ширина по 125 мм, высота – 72 мм. Отклонения при отрезке 1,5 мм.

2.4 Разработка технологического маршрута и схем базирования

Для обработки задней ступицы гоночного болида проекта «Формула Студент» в условиях единичного производства предлагается использовать ряд операций механической обработки, выполняемых на универсальных станках. Для повышения эффективности обработки некоторые из этих станков выбираются с числовым программным управлением. После отрезки на абразивно отрезном станке из плиты исходной заготовки призматической формы на 005 многоцелевой операции производим обработку детали по контуру, снимая основной напуск. Для этого используем специализированный инструмент для обработки дюралюминиевых сплавов класса Д16Т. Этот инструмент из твердого сплава ВК6 имеет конструктивные особенности в виде больших стружечных канавок, которые необходимы для того, чтобы можно было эффективно удалять стружку, образующиеся при снятии пластичного материала.

Для повышения стойкости инструмента при фрезерных переходах рекомендуется использовать охлаждения в виде «масляного тумана». Для исключения образования нароста инструмент должен иметь доведенную переднюю и заднюю поверхности, чтобы исключить налипание стружки.

Для обработки детали на многоцелевой операции произведем ее закрепление в тиски. После этого по программе, на основе модели детали, производится фрезерование по контуру цилиндрической части заготовки с фрезерованием впадин по наружному контуру и фланцевой части в виде четырех проушин. После этого на операции производится обработка отверстий в проушинах диаметром 14 мм с формированием фасок на них, а также сверление центрального сквозного диаметром. 12 мм. На многоцелевом станке также производится фрезерование по контуру по

наружной поверхности для формирования цилиндрической шейки диаметром 82 мм с припуском под точение. На многоцелевой операции после переустановки заготовки производится также обработка под 120° радиальных отверстий диаметром 8 мм после зацентровки.

После этого на токарной операции производится растачивание центрального отверстия за несколько переходов. С диаметра 12 мм сначала происходит цекование на диаметр 30 мм. После этого растачивание до диаметра 42 мм и дальше до 52 мм. Окончательно с одной стороны на диаметр 67 мм с припуском под чистовую тонкую обработку. По наружной производится один проход точением на диаметр 80 мм.

После переустановки заготовки со стороны фланцевой части производится растачивание с коническим участком ступенчатого отверстия до диаметра 52 мм. После этого заготовка идет на термообработку - закалку.

После закалки на токарном станке производится окончательная обработка тонким растачиванием отверстия в размер 68 мм.

После этого производится сборка сопрягаемых деталей по этому диаметру и после зацентровки центровочным сверлом отверстий под 120° три отверстия сверлятся диаметром 8 мм. Технологический процесс состоит из девяти операций, включая последние две: моечную и контрольную. Технологический маршрут обработки основных поверхностей, как правило, включает в себя однократную обработку. Поскольку в основном все поверхности требуется изготовить с точностью не выше 12 квалитета. Упор делается на обработку отверстий растачиванием 68 мм. Технология спроектирована на основе базовой, которая сведена в таблицу 4.

Таблица 4 – Базовый маршрут обработки задней ступицы

№ операции	Название операции	Номер обрабатываемых поверхностей	Квалитет	Ra, мкм
1	2	3	4	5
000	Заготовительная	3, 5	14	12,5

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
005	Многоцелевая	1-5, 12, 18, 19	12	6,3
010	Токарная	2, 3, 4, 5, 6-11	10	3,2
015	Термообработка (закалка)	-	-	-
020	Токарная тонкая	21,24	8	1,25
025	Моечная	-	-	-
030	Сборочная	21	11	6,3
035	Сверление	-	-	-
040	Сборочная	-	-	-
045	Контрольная	-	-	-

2.5 Выбор баз, обоснование схем базирования

Базы выбираем с соблюдением принципа единства баз, т.е. технологическая, измерительная и конструкторская базы должны совпадать, чтобы погрешность базирования равнялась нулю. При выборе баз также необходимо соблюдать принцип постоянства баз, т.е. на всех операциях использовать и те же технологические базы.

Для повышения точности установки заготовки задней ступицы на всех операциях используется центрирующий четырех кулачковый патрон. В качестве опорных баз используется торец заготовки. На фрезерных и сверлильных переходах используются та же схема, что и при токарной обработке. Особенность установки возникает при базировании в патроне по проушинам. Для этого используется четырех кулачковый патрон с профильными сменными кулачками.

2.6 Расчет режимов в программе

Для проектирования технологической операции используется специализированная расчетная программа фирмы Sandvick.

При проектировании операции с помощью современных калькуляторов для расчетов режимов резания можно использовать ссылку по соответствующему сайту. При выборе необходимо задать тип обрабатываемой детали (рисунок 2).



Рисунок 2 - Выбор типа детали

Далее необходимо выбрать тип перехода для заданной детали (рисунок 3).

Далее конкретизируем тип обрабатываемой поверхности (рисунок 4). Программа позволяет выбирать как обработку наружных, так и внутренних поверхностей. После определения типа обработки необходимо задать материал заготовки (рисунок 5).

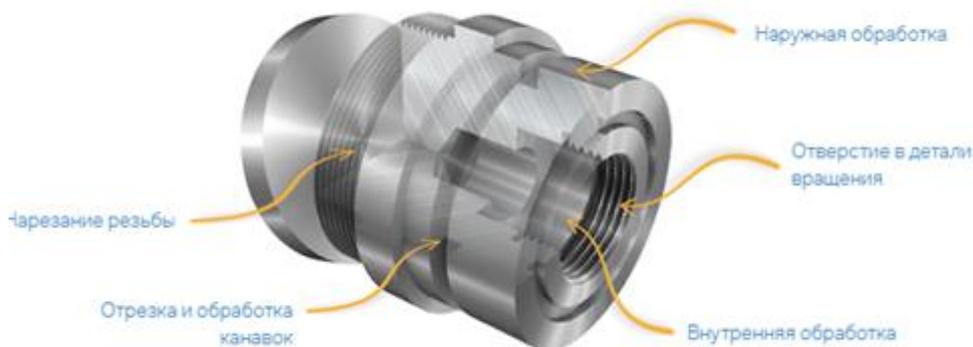


Рисунок 3 - Выбор типа обработки

Можно конкретизировать оборудование, включая способы закрепления инструмента. Выбираем универсальный высокопроизводительный станок с мощностью до 20 кВт и максимальной частотой вращения до 4000 мин⁻¹.

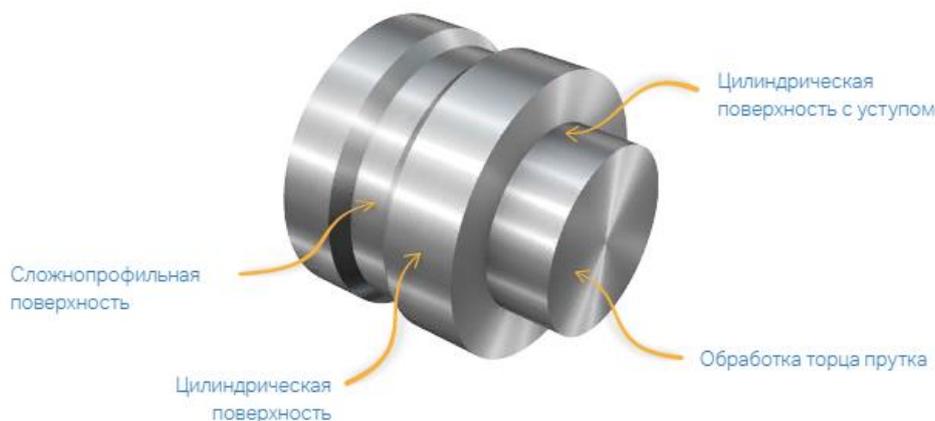


Рисунок 4 - Выбор типа поверхности

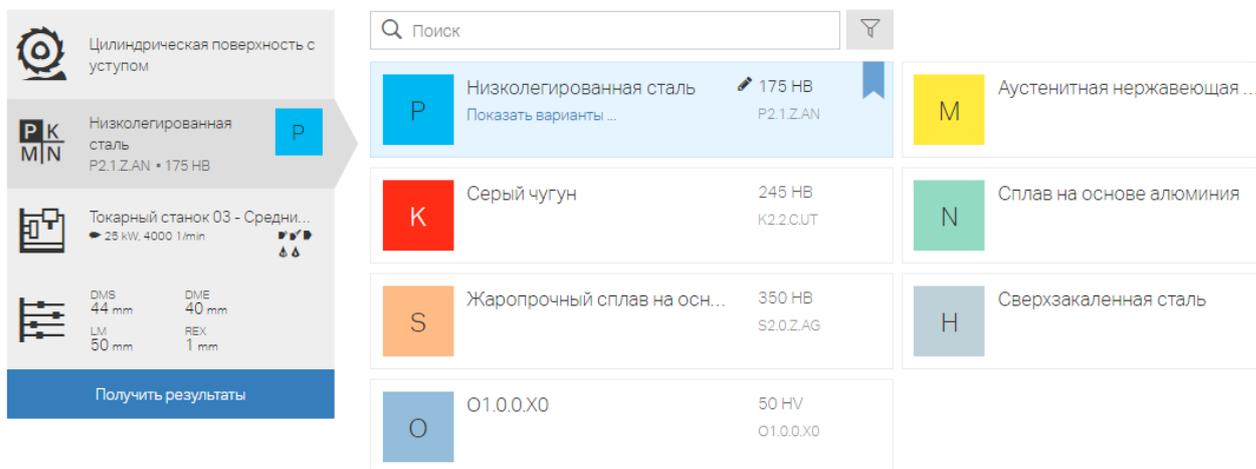


Рисунок 5 - Выбор группы материала заготовки

Для выбранного станка возможно конкретизировать параметры для установки и закрепления инструмента.

Есть возможность выбора способа охлаждения зоны резания.

После этого переходим к расчету, где в соответствующих ячейках необходимо задать геометрические параметры обрабатываемой заготовки

(рисунок 6), включая размеры, требуемую шероховатость, радиусы переходов.

Результаты расчетов включают в себя несколько блоков. Первый блок содержит рекомендуемый инструмент. Второй порядок обработки и рекомендуемые режимы, откуда переносим их в таблицы.

Тип операции СТРТ	Черновая и чистовая обработка
Обрабатываемый диаметр DMS	25 mm
Обработанный диаметр DME	19 mm
Обрабатываемая длина LM	69 mm
Мах радиус при вершине REX	0.8 mm
Шероховатость Ra на торцевой поверхности RRA	6.3 μm
Шероховатость Ra в продольном направлении RRA	3.2 μm

Рисунок 6 - Параметры обрабатываемой поверхности

Полученные режимы обработки сведены в таблицу 5.

В полученных результатах частота вращения не скорректирована с диапазоном расчета, указанным для станка. Отсутствует конкретное значение частоты вращения заготовки. Глубина резания близка к значению, найденному при расчете аналитическим способом.

Таблица 5 - Режимы резания для токарных переходов на 010 операции

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход
Скорость резания	м/мин	298	345
Подача на оборот	мм	0,5	0,3
Обрабатываемый диаметр	мм	80/68,5	69,6
Глубина резания	мм	1,5/3	0,47
Частота вращения	Об/мин	1186/1622	1843

Для проверочных силовых расчетов используем силу, полученную по данному расчету. Для многоцелевой обработки сверление центровочным сверлом. Инструмент – сверло центровочное и режимы резания следующие (рисунок 7). Указана сталь, но поправочным коэффициентом можно скорректировать данные.

← Сверление		симметрич.		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">P</div> Низколегированная сталь улучшенная (HB 380, Rm 1282 N/mm ²)		Диаметр 6.00	Скорость резания 32	Частота вращения, об./мин 1698
Подача на оборот 0.05	Минутная подача 85	Глубина отверстия 12	КПД станка 95	Критерий износа 9
fn mm/rev	vf mm/min	lm mm	η %	%
Формулы расчета <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; display: inline-block; margin-top: 5px;">fx</div>		<div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px;"> Удельный съём материала 3.60 cm³/min Время обработки 8.48 Секунд Момент 1.96 Mc Nm Мощность 0.37 Pmot KW </div>		

Рисунок 7 – Расчетные данные по центровке

Операция токарная включает два установка. На установке А обрабатываются поверхности цилиндрический выступ с отверстием. На установке Б – растачивается коническое отверстие.

2.7 Выбор средств технологического оснащения

Для отрезной операции применим: станок - 8Б672; тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75; пилу ВК6 ГОСТ 9769-79.

Для многоцелевой - станок VMC-1100 вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ мощность 22 кВт, габаритами 3500x4300 мм. Для фрезерных переходов используется специализированный для обработки алюминия инструмент. Для обработки по контуру используем фрезу концевую с цилиндрическим хвостовиком из Т15К6 диаметром 20 мм, зубьев z=3 UA100-S3-20045 фреза концевая твердосплавная; 2301-0858 Сверло

диаметр 14 мм P6M5K5ГОСТ 19546-74; зенкер диаметр 12 мм 035-2320-0505 ОСТ 2И22-1-80; сверло диаметр 11 мм 035-2301-1021 ОСТ 2И20-2-80.

Для токарной обработки задействуем токарный станок с ЧПУ JET KDCK-40F CNC Fanuc 0i-Mate TD 50000511T. Его рабочая зона обеспечивает возможность обработки цилиндрических деталей длиной до 1050 мм. Мощность 15 кВт. Размеры 1620x760 мм.

На токарной операции используем: резец проходной PCLNR 2525M16 T15K6; резец расточной S.SCLCR 2020 M10 T15K6; Резец для канавки STCPN 2525 T15K6; сверло центровочное тип В (5 мм; P6M5) GRIFF a141023; сверло диаметром 8 мм P6M5 ГОСТ 035-2301-1008 ОСТ 2И20-2-80.

Тонкое растачивание: станок тот же, резец расточной S.DCLNR 2525 M22 Резец T15K6.

Для многоцелевой и токарной операций выбираем патрон четырех кулачковый со сменными кулачками.

На сверлильной используется вертикально-сверлильный 2Н125. Сверло диаметром 7 мм 2300-0878 P6M5K5 ГОСТ 19543-74; развертка 8 мм P6M5K5 2363-0072 ГОСТ 1672-80.

В техпроцессе используем следующие средства контроля. Для операционного текущего контроля всех размеров на черновой и получистовой стадиях штангенциркуль ШЦ 150 ГОСТ 160-80 и микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78.

2.8 Проектирование операций

005 многоцелевая. Фрезерование по контуру с глубиной 3 мм максимум.

Подача на зуб 0,5 мм/зуб. На оборот подача 1,5 мм/об. Скорость резания 220 м/мин. Обороты фрезы диаметром 20 мм составят 3500 об/мин, что обеспечивается возможностями станка. Объемная производительность равна

$$Q = tSv, \quad (3)$$

где t, S, v – режимы резания.

Тогда для фрезерования

$$Q = 0,003 \cdot 0,0015 \cdot 220 = 0,00099 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Тогда время снятия напуска определяется как отношение массы стружки заготовки в виде плиты и наружного контура детали (примем 1,8 кг).

$$T_o = \frac{M-m}{\rho \cdot Q}, \quad (4)$$

где M, m – массы заготовки и детали, кг;

ρ – плотность материала, $\text{м}^3/\text{кг}$.

$$T_o = \frac{2,8 - 1,8}{2800 \cdot 0,00099} = 0,43 \text{ мин}.$$

Сверление спиральным сверлом диаметром 14 мм. Подача на оборот подача 0,45 мм/об. Скорость резания 32 м/мин. Обороты составят 850 об/мин, что обеспечивается возможностями станка. Сверление четырех отверстий длиной 15 мм с дополнительным расстоянием 3 мм составит 0,19 мин.

Сверление центрального отверстия при тех же режимах составит 0,18 мин. Зенкерование 0,5 мм глубина, подача 0,45 мм/об, скорость 30 м/мин, обороты 796 об/мин. Основное время 0,22 мин.

Токарная 010. При точении элементами резания является глубина резания, продольная поддача, скорость резания, сила резания и крутящий момент, а также мощность резания: по расчету $t=1,5/3$ мм.; $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания черногого точения резцом Т15К6 298 м/мин.
Обороты

На чистовую операцию сведем режимы в таблицу 6.

Таблица 6 - Режимы резания на токарную чистовую операцию

Элемент резания	Значение
Глубина резания, мм	0,21
Подача на один оборот шпинделя, мм/об	0,17
Минутная подача, мм/мин	213
Скорость резания, м/мин	326
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин	1290

Сила резания по составляющим тангенциальной P_z , радиальной P_y , осевой P_x по формуле [15]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p. \quad (5)$$

где $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{rp}$, где $K_{mp} = 2,75$ [21, табл.9, стр.264], $K_{\phi p} = 0,89$ [21, табл.23, стр.275], $K_{yp} = 1$, $K_{rp} = 1$.

Будем рассчитывать тангенциальную силы P_z , с поправочным коэффициент на условия резания K_p :

$$K_p = 2,75 \cdot 0,89 = 2,45.$$

Коэффициенты уравнения: $C_p=40$; $x=1,0$; $y=0,75$ [21, табл.22, стр.273].

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 289^0 \cdot 2,45 = 873H.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (6)$$

$$N = \frac{873 \cdot 289}{1020 \cdot 60} = 4,12 \text{ кВт.}$$

Нормы времени по методике в [15]. Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт}, \quad (7)$$

где все параметры приведены в [14]. Первое слагаемое не учитывается для единичного производства. Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от}, \quad (8)$$

где все параметры приведены в [13].

010 Токарная:

$$T_o = \frac{L}{nS_o} \cdot i, \quad (9)$$

где L – длина расчетная рабочего хода инструмента;

n – обороты шпинделя, об/мин;

S_o – подача, мм/об;

i – число ходов.

Длина обработки

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (10)$$

где l, l_1, l_2 - длина поверхности, недобег и перебег резца, мм.

$$T_o = \frac{53+3}{1182 \cdot 0,5} + \frac{50 \cdot 3 + 52 \cdot 2 + 35 \cdot 3 + 30 \cdot 1}{1622 \cdot 0,5} = 0,83 \text{ мин.}$$

Чистовой переход

$$T_o = \frac{53 + 11 + 5 + 5}{1843 \cdot 0,3} = 0,13 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{y.c.} = T_{z.o.} = 0,22 \text{ мин.}$$

$$T_{yn} = 0,01 + 0,025 \cdot 5 + 0,24 = 0,38 \text{ мин.}$$

$$T_{uz} = 0,24 \text{ мин.}$$

$$T_g = 1,87 \cdot (0,22 + 0,38 + 0,24) = 1,57 \text{ мин.}$$

Точение с другой стороны на установе Б.

$$T_o = \frac{17 \cdot 6}{1622 \cdot 0,5} = 0,13 \text{ мин.}$$

Зацентровка 0,05 мин и сверление радиальных отверстий 0,12 мин.

Суммарно получается 1,26 мин. В единичном производстве для всех операций $T_{об}$ и $T_{от}$ определяются суммарно в %-тах от оперативного времени $T_{оп} = T_o + T_g$. Время обслуживания рабочего места и перерывы:

$$T_{от} = T_o \cdot P_{от} / 100 \quad (11)$$

$$T_{он} = T_o + T_g = 1,26 + 1,57 = 2,83 \text{ мин.}$$

где $P_{от}$ - время на отдых, $P_{об.омд} = 10\%$.

$$T_{об.ом} = \frac{2,83 \cdot 10}{100} = 0,18 \text{ мин.}$$

$$T_{итт} = T_o + T_g + T_{об} + T_{от} = 1,26 + 1,57 + 0,18 = 3,01 \text{ мин.}$$

На 005 многоцелевую операцию расчет аналогичный. Время фрезерования, сверления определено ранее и составляет в сумме 1,2 мин. Тогда штучное время составит

$$T_g = 2,3 \text{ мин};$$

$$T_{шт} = 1,2 + 2,3 + 0,35 = 3,85 \text{ мин.}$$

Выводы по разделу:

Во втором разделе выполнено проектирование технологии изготовления детали задняя ступица для условий единичного производства. Основная операция - многоцелевая, которая позволяет сформировать все основные поверхности детали. Для этого производится обработка по контуру фрезерованием, а также комплекс обработки переходов центрального отверстия и фланцевых отверстий методом сверления. Предусмотрена в технологическом процессе операция термообработки, после которой выполняется окончательно растачивание центрального, самого точного отверстия по 7 качеству. Технологический процесс предусматривает также выполнение сборочной операции и окончательно сверление отверстий под штифты. В разделе также выполнен расчет припуска на точное отверстие, расчет режимов резания на многоцелевую операцию на фрезерные переходы, сверление. Проведено нормирование технологической операции. Для снижения времени обработки вместо двух переходов по обработке фланцевых отверстий предлагается использовать один ступенчатым сверлом для формирования заходной фаски, что позволит сократить номенклатуру режущего инструмента и снизить время обработки.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Подготовка данных для расчета приспособления

Проектируем патрон для использования на многоцелевой и токарных операциях. Патрон четырех кулачковый передает крутящий момент на заготовку и обеспечивает положение ее оси.

Переходы для расчета: точение черновое и фрезерование. Заготовка из проката, Д16Т, $\sigma_B=440$ МПа.

На токарной операции используем резец проходной с пластинами из Т15К6. На фрезерном переходе на многоцелевой операции используем концевую фрезу.

Режимы резания рассчитаны в пункте 2.8.

Тип приспособления – переналаживаемое универсальное.

3.2 Расчет сил резания

Силу резания тангенциальную составляющую определили в пункте 2.6:

$P_Z = 873$ Н. Составляющая P_Y по [21] не просчитывается из-за отсутствия там коэффициентов для дюраля, поэтому принимаем ее равной 0,6 от тангенциальной составляющей 524 Н. Для фрезерования

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{\text{ст}}^\omega} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (12)$$

где $C_p=22,6$ - коэффициент;

$x=0,86$, $y=0,72$; $u=1$; $q=0,86$; $\omega=0$ - табличные показатели степени;

$K_{\text{мп}}$ - поправочный коэффициент: $K_{\text{мп}} = 2,75$.

$$P_Z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,5^{0,72} \cdot 20 \cdot 9}{20^{0,86} \cdot 1} \cdot 2,75 = 13286 \text{ Н.}$$

3.3 Расчет усилия зажима

Операционные эскизы на рисунках 8, 9. Расчет силы зажима проведем с учетом особенностей каждой схемы установки (рисунки 10, 11) и с учетом переходов, которые выполняются на каждом из них.

Тангенциальная составляющая сил резания при точении проворачивает заготовку в патроне (рисунок 10). Кулачки через силу зажима, создающую силу трения между кулачками и зажимаемой поверхностью, препятствует этому. Кроме этого, радиальная сила стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно точки поворота - крайней точки поверхности зажима.

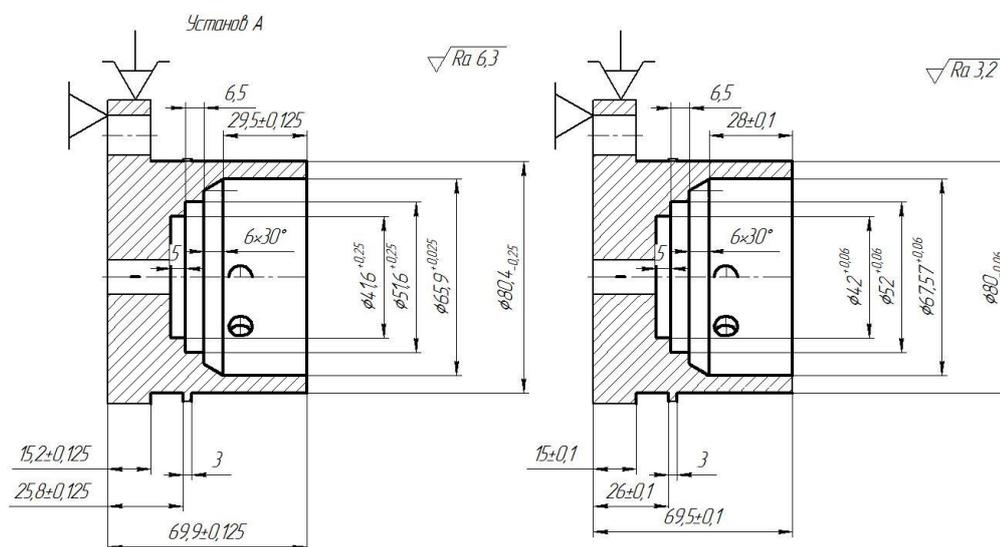


Рисунок 8 – Схема операционная для токарной обработки

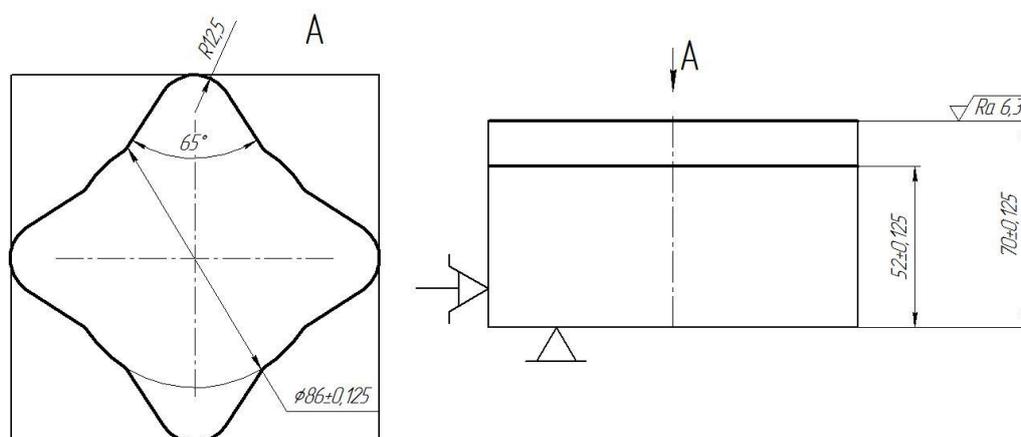


Рисунок 9 – Операционный эскиз для фрезерования

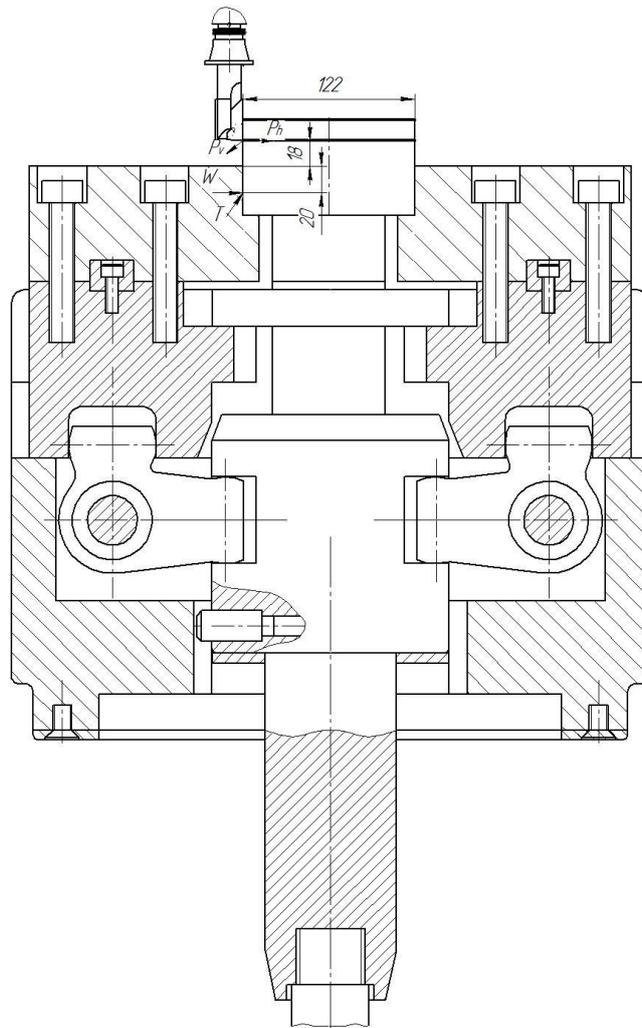


Рисунок 10 – Расчет сил зажима для фрезерования

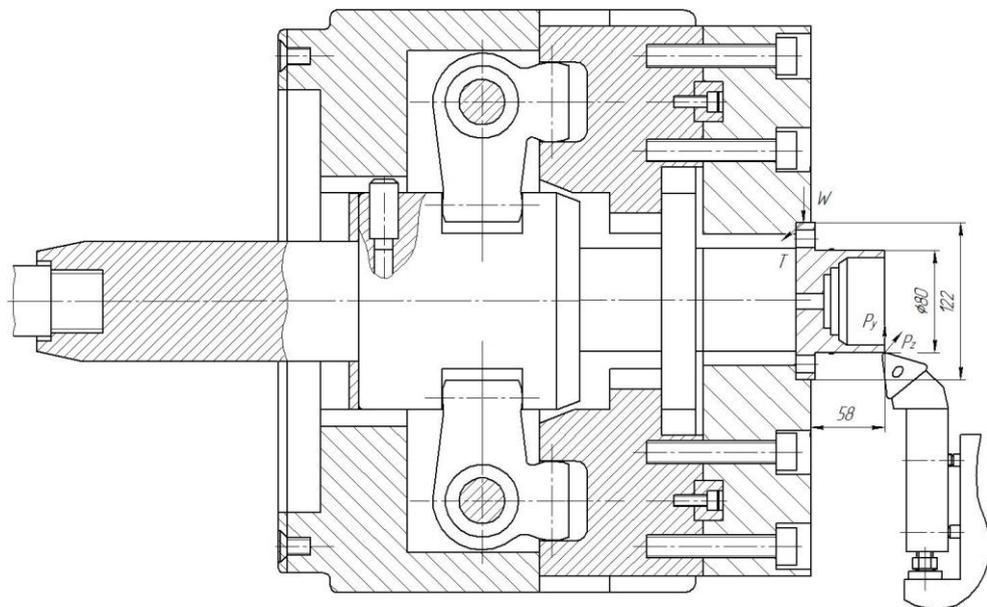


Рисунок 11 – Расчет сил закрепления для точения

В процессе точения на заготовку будут действовать силы резания. К составляющим сил резания, которые вырывают вал из кулачков относится радиальная сила. По выбранной схеме установки она будет создавать момент, которые равен произведению этой составляющей на плечо 58 мм. Сила тангенциальная стремится повернуть заготовку в кулачках. Для расчета необходимо учесть диаметр зажима (минимальный) и поверхность обработки (максимальная).

Крутящий момент резания от тангенциальной составляющей силы P_Z резания равен и момент вырывающий заготовку:

$$M_P = \frac{P_Z \cdot d_{обр}}{2} + P_Y \cdot 0,058; \quad (13)$$

где $d_{обр}$ – максимальный диаметр шейки ступицы (85 мм).

Момент от действия сил зажима кулачками:

$$M_3 = \frac{T \cdot d_3}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}; \quad (14)$$

где W – силы от действия зажимных кулачков, Н;

d_3 – минимальный диаметр ступицы под зажим (122 мм), мм;

f – коэффициент трения для контакта заготовка- зажимная поверхность кулачка, который принимается равным 0,3.

После приравнивания этих моментов M_3 и M_P с учетом коэффициента безопасности находится минимально нужная сила зажима:

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot \left(\frac{P_Z \cdot d_{обр}}{2} + P_Y \cdot 0,058 \right)}{f \cdot d_3}, \quad (15)$$

где k – коэффициент запаса по [21, стр. 117] равен для заданных условий производства:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (16)$$

где $k_0 = 1,5$; $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1$; $k_3 = 1$; $k_4 = 1$; $k_5 = 1$; $k_6 = 1$.

$K_P = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8$. Принимаем $K_P = 2,5$.

После подстановки получим:

$$W_P = \frac{2,5 \cdot (873 \cdot 0,0425 + 0,058 \cdot 524)}{0,3 \cdot 0,122} = 945 \text{ Н}.$$

Для фрезерования поскольку зажимается квадратная заготовка сила резания приводит только к сдвигу кулачков, то есть сила зажима должна быть больше силы резания с учетом коэффициента безопасности. Тогда $W = 33215 \text{ Н}$ и принимаем ее для дальнейших расчетов.

Сила зажима W_1 , непосредственно действующая в радиальном направлении на постоянные кулачки:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{4 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (17)$$

где l_k – выступание кулачка, равное расстоянию до средней линии сменного кулачка от центра направляющего выступа постоянного кулачка, который расположен в пазу корпуса приспособления, мм;

H_k – расстояние, которое равно длине продольного направляющего паза у кулачка в корпусе, мм;

f_1 – коэффициент трения. Принят для полусухого трения кулачка в направляющем пазу корпуса. Примем равным $f_1 = 0,1$.

$$W_1 = 33215 / \left(1 - \left(\frac{4 \cdot 168}{140} \cdot 0,07 \right) \right) = 36260 \text{ Н}.$$

3.3 Расчет зажимного механизма

Сила Q на механизированном приводе уменьшается за счет использования рычажного зажима [20]:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (18)$$

где i_c – усиливающий коэффициент, который определяется по отношению плеч рычагов. По соотношению плеч рычага выбираем $i_c = 1,48$.

$$Q = \frac{36260}{1,48} = 24500 \text{ Н.}$$

Диаметр корпуса патрона D_{Π} , мм:

$$D_{\Pi} = d_3 + 2 \cdot H_K = 122 + 2 \cdot 160 = 442 \text{ мм.} \quad (19)$$

Принимаем конструктивно 450 мм.

3.4 Расчет силового привода

У станка привод зажима расположен с обратного конца шпинделя для токарного станка или под столом для многоцелевого. Для максимального усилия используется гидравлический привод. Найдем диаметр его поршня [19]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}}, \quad (20)$$

где P – давление среды, МПа. Принимаем $P=5$ МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{24500}{5}} = 125 \text{ мм.}$$

Для закрепления-раскрепления заготовки найдем ход поршня:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{\Pi}}, \quad (21)$$

где S_W – минимальное перемещение кулачков, $S_W = 5$ мм;

i_{Π} – передаточный параметр по перемещению, обратный коэффициенту усиления

$$S_Q = \frac{5}{0,69} = 7,24 \text{ мм.}$$

Принимаем $S_Q = 20$ мм.

3.5 Расчет точности установки в патроне

Точность определяется погрешностью перехода предварительного растачивания перед обработкой кулачков. Погрешность не должна быть более:

$$\varepsilon_y = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,25 = 0,075 \text{ мм.} \quad (38)$$

где Td – технологический допуск на самый точный переход, мм.

3.6 Описание работы патрона

Патрон необходим для установки заготовки на токарной и многоцелевой операциях. Рычажный патрон предназначен для закрепления заготовки задней ступицы. Особенность патрона заключается в том, что он имеет четыре кулачка с возможностью центрирования.

Приспособление состоит из гидравлического привода зажима 1, который оснащен муфтой 2 для подвода гидравлических шлангов. В корпусе патрона 3 по трем направляющим Т-образной формы перемещаются постоянные кулачки 7. На этих кулачках 7 по шпонкам 16, закрепленными винтами 17, закрепляются сменные кулачки 8 двумя винтами 18. Внутри корпуса 3 в пазах на осях 11 установлены поворотные рычаги 9. Эти рычаги 9 с одной стороны входят в прорезь постоянных кулачков 7, а с другой стороны установлены в прорези центровика 4, который при помощи тяги 5 соединяется со штоком гидравлического привода зажима 1. Патрон с обратной установочной стороны имеет защитную пластинку 14, которая закреплена на корпусе при помощи винтов. Для исключения поворота центровика 4 используется направляющий штифт 12, которые перемещаются по пазу внутри корпуса 3. Для защиты от попадания загрязнений в направляющую часть центровик 4 имеет защитную пластину 13. Со стороны заготовки центральное отверстие корпуса 1 закрывается крышкой 15. Второе исполнение патрона имеет крышку 15 со сквозным отверстием и глухое отверстие в центровике 4 для прохода свободного конца заготовки, которая закрепляется в кулачках патрона. Патрон крепится на шпинделе станка по базовому цилиндрическому отверстию тремя винтами.

Приспособление работает следующим образом. Давление масла подается через муфту 2 в рабочую полость гидравлического привода зажима 1. Перемещается вправо шток и тянет за собой тягу 5, центровик 4. Рычаги 9 поворачиваются по часовой стрелке, приводя в движение постоянной кулачок 7 со сменными кулачками 8. Они двигаются к центру, проводя фиксацию заготовки. При раскреплении давление подается в правую полость и тяга 5, центровик 4 перемещаются влево, поворачивая рычаги 9 против часовой стрелки. За счет этого постоянные кулачки 7, сменные кулачки 8 отходят от заготовки, происходит ее раскрепление.

Спецификация приведена в приложении Б.

3.8 Расчёт и проектирование ступенчатого сверла

Для сверления отверстия диаметром 12Н12(+0,18) и шероховатостью Ra 6,3 мкм и длиной 38 мм используется ступенчатое сверло с коническим хвостовиком [25-29].

Сверло включает в себя три основных элемента [19, 20]: рабочую часть, стелевую часть и хвостовик. Диаметр рабочей части 14 мм. Диаметр сердцевины у вершины сверла

$$d_o = 0,2 \cdot D = 0,2 \cdot 14 = 7 \text{ мм} \quad (39)$$

где D – диаметр рабочей части, мм.

Угол при вершине сверла принимаем $\varphi=120^\circ$. Угол наклона винтовой канавки будет равен $\omega=30^\circ$ из диапазона $\omega=28\dots32^\circ$. Для найденного по расчету момента резания $M_{кр}=17,9$ Н·м и осевой силе $P_x=296$ Н средний диаметр хвостовика сверла рассчитывается по формуле

$$d_{cp} = \frac{6M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_x \cdot (1 - 0,04\Delta\theta)}, \quad (40)$$

где θ - конус хвостовика, $\theta=2,83^\circ$;

$\Delta\theta$ - погрешность хвостовика, $\Delta\theta=10'$;

μ - коэффициент трения, $\mu=0,096$.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 17,9 \cdot \sin 2,83}{0,096 \cdot 296 \cdot (1 - 0,04 \cdot 10')} = 11 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 25552-85 принимаем ближайший конус Морзе №2. Длина рабочей части сверла

$$l = 258 - 257,7e^{-0,038s} = 258 - 257,7e^{-0,03814} = 106 \text{ мм.} \quad (41)$$

Ширина ленточек принимается $f = 0,35\sqrt{d} = 0,35\sqrt{14} = 1,3$ мм., высота $\Delta=0,2$ мм. Обратная конусность 0,05 на 100 мм. длины.

Чертеж сверла со всеми техническими требованиями представлен на листе графической части.

Выводы по разделу:

В третьем разделе проведено проектирование станочного приспособления для закрепления детали. В данном случае это приспособление трех кулачковый патрон с возможностью закрепления призматических заготовок. Для совершенствования технологического процесса спроектировано ступенчатое сверло.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления корпуса с учетом требований стандартов по безопасности труда.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В разделе рассматриваются особенности технологии изготовления корпуса в виде основных характеристик операций разработанного технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик объекта указаны в таблице 13 [3].

Таблица 13 - Паспорт технического объекта

Объект технологии	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, приспособление	Материалы и вещества
Заготовительная	Литье	Литейщик	Литейная машина	Чугун СЧ18
Корпус ременного вариатора	Многооперационная	Оператор станков с ЧПУ	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Чугун СЧ18, эмульсия, смазочные вещества, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 14 рассматриваются вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении корпуса [3, 5].

Таблица 14 – Производственные риски

Технологическая операция, работы	Опасный и/или вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Литье	ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Литейная машина
Растачивание черновое, чистовое, зенкерование развертывание, сверление	<p>Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания</p> <p>ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел</p> <p>ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями</p> <p>Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)</p> <p>Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия: Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов</p>	<p>Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление, зона резания, зажимные</p> <p>Прихваты патрона, резцы, сверла, зенкеры, развертка СОЖ, стружка Заготовка, инструмент</p> <p>Зона резания</p> <p>Пульт управления станком</p> <p>СОЖ, смазки</p> <p>Манипуляция заготовкой, контроль и управление</p>

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

Снижение рисков достигается методами и средствами снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении корпуса (таблица 15).

Таблица 15 – Мероприятия для снижения действия ОВПФ

ОВПФ	Технические средства, организационно-технические методы	Средства индивидуальной защиты (СИЗ)
Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов	Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда	Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные
Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземление; изоляция токоведущих элементов; предохранители. Инструктажи. Периодичность и продолжительность регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

В таблицах 16 – 17 информация по мерам пожарной безопасности.

Таблица 16 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Литейный	Литейная машина	Класс D	Пламя и искры	Части оборудования, изделий и иного имущества
Обработка корпусов	Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Класс B, E	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос высокого напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 17 – Выбор средств пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
Первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Средства оповещения и управления эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 18 – Средства защиты и пожаротушения

СИЗ	Инструмент	Сигнализация
Веревки пожарные, карабины пожарные, противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты анализа в таблицах 18 и 19.

Таблица 19 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления корпуса, Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Применение СОЖ на основе негорючих веществ; Хранение ветоши в несгораемых ящиках.	Пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения, пожарные инструктажи

Таблица 20 – Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный технологический процесс	Структурные элементы технологического процесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Процесс изготовления корпуса	Литейная машина, Горизонтальный центр NEXUS 4000-II, центр Mazatech V-414/32, наладочное приспособление	Стружка Токсические испарения Масляный туман, производственная пыль	Взвешенные вещества и нефтепродукты, эмульсолы	Стружка ветошь Растворы жидкостей

Таблица 21 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Объект	Технология изготовления корпуса
Атмосфера	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
Гидросфера	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
Литосфера	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

4.6 Выводы по разделу

Рассматривается технологический процесс изготовления корпуса и его этапы – заготовительный и многоцелевые операции на обрабатывающих центрах NEXUS 4000-II и Mazatech V-414/32, переходы, которые включают

обтачивание, растачивание, сверление, зенкерование и развертывание, фрезерование. Работает оператор станков с ЧПУ. Приспособление - наладочное специализированное приспособление. Инструмент расточной резец, сверло, зенкер, развертка, фреза (таблица 13).

Идентификация профессиональных рисков выполнена для литья и многоцелевой операции, что позволило определить ОВПФ. Это неподвижные колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов, движущиеся твердые объекты, ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов, чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, механическими колебаниями твердых тел, акустическими колебаниями твердых тел, электрическим током и электромагнитными полями, токсического, раздражающего воздействия (через органы дыхания), статической нагрузкой и перенапряжением анализаторов (таблица 14).

Для их устранения и снижения негативного воздействия применяются такие методы и средства, как защитный кожух и ограждение, демпфирующие опоры станка, снижение времени контакта с вибрирующими поверхностями, покрытие звукопоглощающими материалами, заземление станка и изоляция токоведущих частей, соблюдение регламентированных перерывов на отдых, а также инструктажи по охране труда, (таблица 15).

Определены класс и опасные факторы от пожара для участка изготовления корпуса (таблица 16). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 17, 18), мероприятий по обеспечению пожарной безопасности процесса изготовления корпуса (таблица 19).

Определены негативные факторы воздействия процесса изготовления корпуса на среду (таблица 20). Перечислены организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию (таблица 21). Выявив и проанализировав технологию изготовления корпуса, ее воздействие на среду, делаем вывод, что данная технология удовлетворяет нормам по защите здоровья человека и окружающей среде.

5 Экономическая эффективность работы

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

В предыдущих разделах был описан технологический процесс изготовления задней ступицы для болида проекта «Формула Студент». На одной из операций предлагается использовать вместо двух сверл диаметрами 14 мм и 18 мм, одно комбинированное сверло размером 14/18 мм с покрытием, которое позволяет увеличить стойкость в 3 раза.

Учитывая описанные изменения, возникает необходимость осуществить обоснование целесообразности такого предложения по совершенствованию технологического процесса. Для этого, в рамках достижения основной цели раздела, необходимо определить основные экономические параметры, которые позволят сделать соответствующие выводы, а именно:

- рассчитать полную себестоимость выполнения анализируемой операции по вариантам;
- определить капитальные вложения в проектируемый технологический процесс;
- и произвести расчеты показателей экономической эффективности предложений по совершенствованию процесса.

Все перечисленные параметры определяются по соответствующим методикам, представленным в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела бакалаврской работы [7], с применением программного обеспечения Microsoft Excel.

На величину полной себестоимости оказывают влияние такие параметры как: технологическая себестоимость, цеховые, заводские и внепроизводственные расходы. Максимальное влияние на конечный

результат, из перечисленных параметров, оказывает технологическая себестоимость, поэтому на рисунке 12 показаны элементы, из которых формируется эта себестоимость.

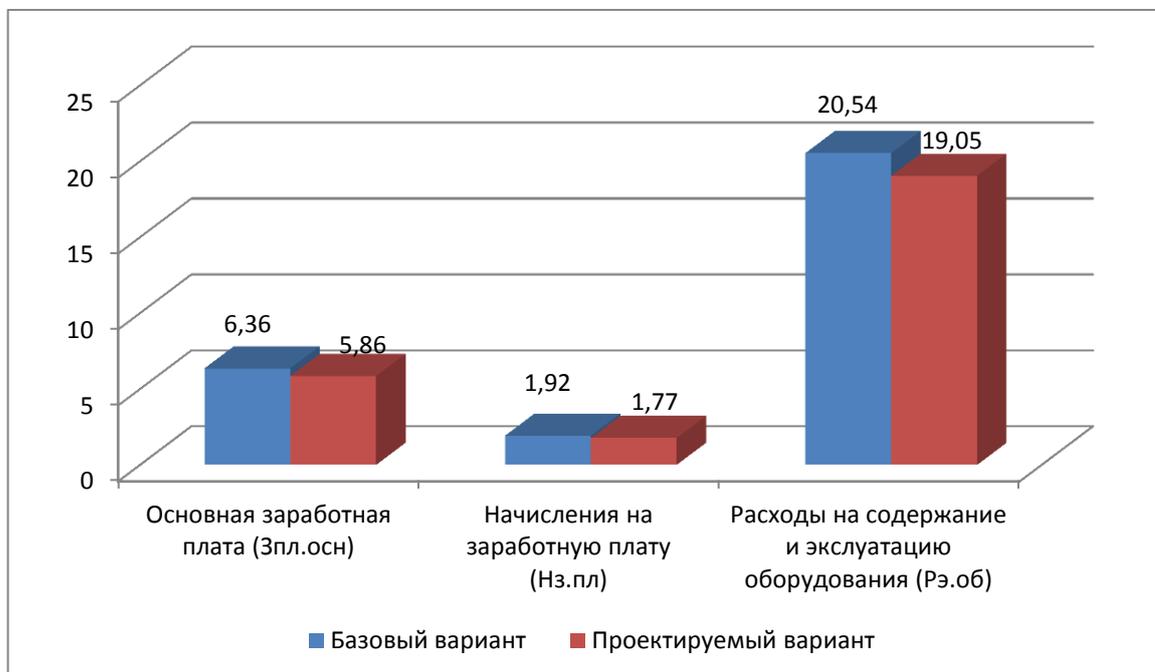


Рисунок 12 – Элементы технологической себестоимости одной операции, сравниваемых вариантов технологического процесса, руб.

Из рисунка 12 видно, что все показатели: основная заработная плата, начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования имеют тенденцию к снижению. Средняя величина сокращений по всем элементам, входящих в технологическую себестоимость, составила 7,63 %. Максимальную долю в общем объеме технологической себестоимости составляют расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в базовом варианте она составила 71,3 %, а в проектируемом – 71,4 %.

Представленное на рисунке 12 значение основной заработной платы является основой для определения описанных выше расходов (цеховых и заводских). Учитывая тот факт, что основная заработная плата имеет тенденция к снижению в проектируемом варианте, уменьшение составило 7,9 %, то можно говорить о снижении и этих расходов, сравнивая их

значения по вариантам технологического процесса. Соответственно произойдет и снижение цеховой, заводской и полной себестоимостей.

На рисунке 13 показаны величины всех видов себестоимостей, при выполнении анализируемой операции.

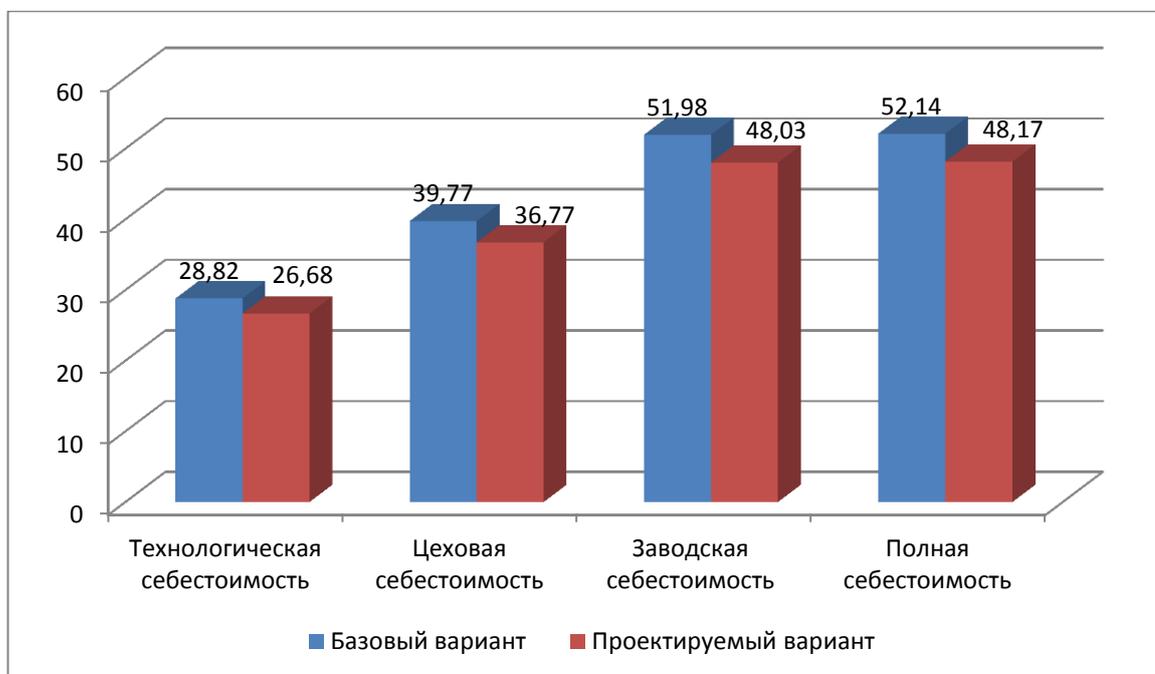


Рисунок 13 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Из рисунка 13 видно, что в проектируемом варианте, все указанные виды себестоимости имеют тенденцию к снижению, как и предполагалось выше. В итоге, полная себестоимость сократилась на 3,96 рублей, что составило 7,6 %.

Чтобы принять решение об эффективности предложенных мероприятий, необходимо знание величины капитальных вложений в проект. Учитывая то, что совершенствования касаются только инструмента, то с учетом его формы капитальные вложения будут складываться из суммы затрат: на инструмент и корректировку управляющей программы на используемом оборудовании. Общая величина инвестиций составит

60,17 руб. Структура элементов в долевом соотношении к общим капитальным вложениям представлена на рисунке 14.

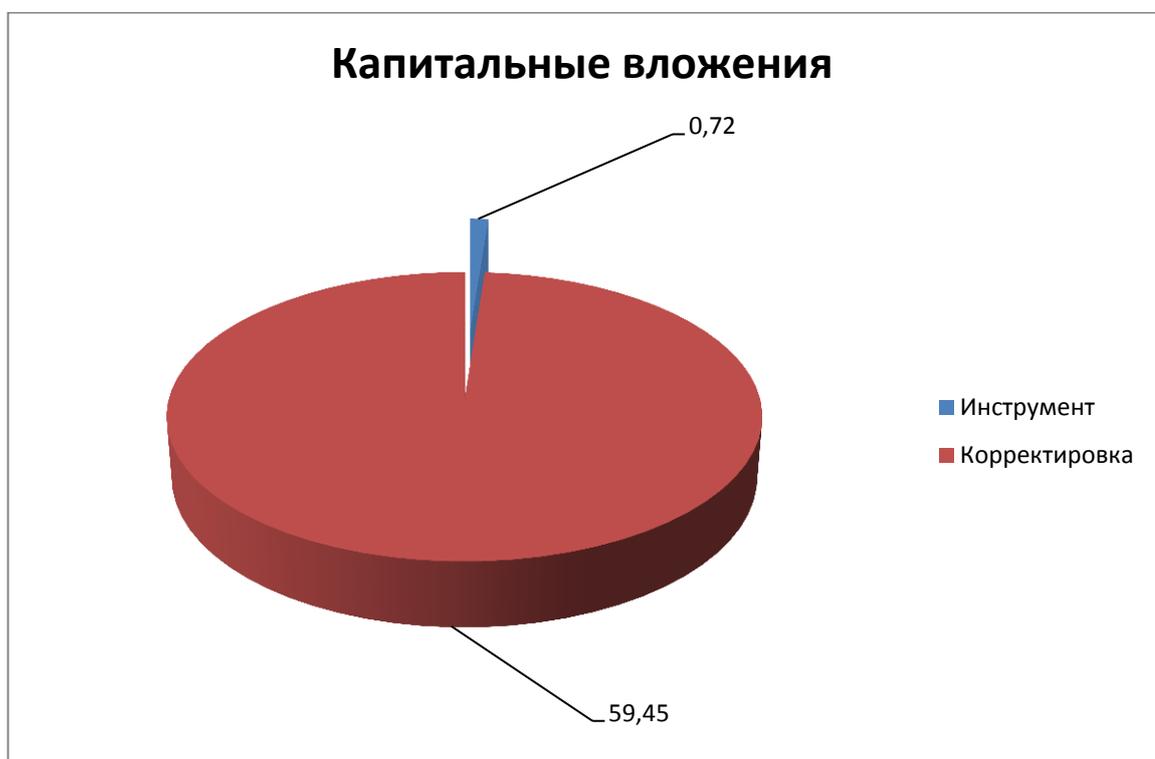


Рисунок 14 – Структура элементов объема инвестиций, в долевом соотношении, руб.

Представленные на рисунке 14 значения, позволяют сделать вывод о том, что основную долю занимают затраты на корректировку управляющей программы, т. к. на операции теперь занять только один инструмент, и ему нужно заново прописывать программу перемещения. Доля затрат на корректировку составит 98,8 %, от всего объема инвестиций.

Имея значения величины капитальных вложений и полной себестоимости можно провести экономическое обоснование целесообразности внедрения предложенных изменений в технологический процесс.

Для проведения таких расчетов необходимо последовательно определить следующие значения:

- ожидаемую и чистую прибыль,
- срок окупаемости финансовых вложений,
- общий дисконтированный доход и экономический эффект от внедрения.

Согласно проведенным расчетам по определению указанных значений можно сделать вывод об эффективности предлагаемых мероприятий, так как экономический эффект составит 12,35 руб., что является положительной величиной данной величины, и это обязательное условие для признания проекта эффективным. Вторым весомым значением при определении эффективности является срок окупаемости, который составляет 3 года, что отвечает условию, не превышать горизонта в 4 года. Основываясь на этих двух показателях можно делать итоговый вывод, что предложенные мероприятия по замене инструмента являются эффективным.

Заключение

В выпускной работе разработан технологический процесс изготовления задней ступицы гоночного болида проекта «Формула Студент». Для условий единичного производства, которое соответствует опытно-конструкторскому студенческому производству гоночного автомобиля, выбран объем выпуска - 10 деталей в год. Включается в этот объем изготовление запасных частей. Для условий единичного производства выбран тип заготовки – прокат плита. Для данной заготовки спроектирована технология изготовления детали, включающая в себя ряд операций, выполняемых на станках с числовым программным управлением. Многоцелевая обработка ступицы, термическая обработка и окончательная обработка центрального отверстия на токарной операции, выполняемой тонким растачиванием. Используются сборочные операции с последующим сверлением отверстий под штифты для надежного сопряжения деталей. В конструкторском разделе спроектировано зажимное приспособление – четырех кулачковый токарный патрон, который применяется для закрепления деталей на многоцелевой и токарных операциях. Для повышения эффективности обработки спроектировано ступенчатое спиральное сверло, которое позволяет совместить обработку отверстия с формированием фасок. Используется фреза специализированная для обработки алюминиевых сплавов.

Для обеспечения безопасных условий труда на спроектированных операциях проанализированы вредные и опасные производственные факторы и предложены меры по снижению их влияния и устранение действия на здоровье рабочих. Также предусматриваются меры по повышению экологичности, снижения влияния вредных отходов.

В экономическом разделе обоснована замена режущих инструментов двух наименований на одно комбинированное сверло. Работа содержит также комплект технологической документации, а также спецификация на сборочные чертежи.

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.

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.

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. Hsu YW., Lu MC. (2013) Study of Cutting Parameter Effect on Spindle Vibration for Tool Breakage Monitoring in Drilling. In: Juang J., Huang YC. (eds) Intelligent Technologies and Engineering Systems. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 234. Springer, New York, NY

26. Jallageas, J., K'nevez, J., Chérif, M. et al. Modeling and optimization of vibration-assisted drilling on positive feed drilling unit. Int J Adv Manuf Technol 67, 1205–1216 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4559-4>

27. Liang, Z., Ma, Y., Nie, Q. et al. Ultrasonic cavitation and vibration hybrid-assisted micro-drilling of stainless steel. Int J Adv Manuf Technol 104, 3073–3082 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04247-3>

28. Shaomin, L., Deyuan, Z., Daxi, G. et al. Modeling and drilling parameters optimization on burr height using harmony search algorithm in low-frequency vibration-assisted drilling. Int J Adv Manuf Technol 101, 2313–2325 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2997-3>

29. Wang, L., Wang, X. & Zhao, H. Effect of the cutting ratio on cutting forces and the drill life in vibration drilling. Int J Adv Manuf Technol 24, 865–872 (2004). <https://doi.org/10.1007/s00170-003-1803-y>

Приложение А

Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1													
Дюп.													
Взам.													
Плоп.										2	1		
Разраб.	Юзманов Р.М.												
Проверил	Козлов А.А.												
Утвердил	Логоинов Н.Ю.												
Н. контр.	Козлов А.А.												
Ступица задняя													
Д16Т ГОСТ 4784-97													
М 01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ	
М 02	11	кг	1,57	1	1,8	0,56	12	68x122x122			1	2,8	
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции								Обозначение документа	
Б	Код. наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Пз.	1 шт.
А03	000 Заготовительная												
Б04	Абразивно-отрезной станок 8А230												
А05	005 Многоцелевая												
Б06	Вертикально-фрезерный ВМС-1100												
А07	010 4110 Токарная												
Б08	Токарный станок JET KDCK-40F CNC												
А09	020 5000 Термическая обработка												
Б10	1 1 1 1												
А11	025 4110 Токарная												
Б12	Токарный станок JET KDCK-40F CNC												
А13	030 Сборочная												
Б14	Верстак												
А15	035 Сверлильная												
А16	Вертикально-сверлильный 2Н125												
МК	Маршрутная карта											2	

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дуол.	Взам.	Тлоол.											2	1	
Разраб.	Проверил	Утвердил	Н. контр.	Ступица задняя										015	КОИД
Наименование операции				Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД			
Токарная				кг	68x122x122				МЗ	1					
Оборудование, устройство ЧПУ				То	Тв	Тпз.	Тшт.				СОЖ				
Токарный станок JET KDCX-40F CNC				1,26	1,57		3,01								
Р	ПИ		Д или В	L	t	l	s	n	v						
T01	Патрон четырехкулачковый														
O02	1. Точить заготовку предварительно														
T03	Резец проходной PCLNR 2525M16 T15K6														
P04	1	85	53	1	1	1186	298								
O05	2. Расточить заготовку предварительно														
T06	Резец расточной S.SCLCR 2020 M10 T15K6														
P07	2	66	53	3	7	1622	298								
T08	3. Расточить заготовку окончательно														
T09	Резец расточной S.SCLCR 2020 M10 T15K6														
O10	2	67	53	0,3	1	1843	345								
T11	4. Сверлить														
O12	Сверло центровочное тип В (5 мм; P6M5) GRIFF a141023														
T13	3	4	3	2	3	0,15	35	2500							
OK	Операционная карта											5			

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1404-86 Форма										
Дюбл.	Взам.	Годл.								
										2
										015
P			ПИ	D или B	L	t	i	s	n	v
001	5.	Сверлить								
T02	Сверло диаметром 8 мм 2300-0878 Р6М5К5 ГОСТ 19543-74									
O03			4	8	12	4	3	0,2	1790	45
T04	6.	Снять заготовку								
O05	8.	Фрезеровать поверхность								
T06	2223-4821 Фреза ±10 Р8МЗК6С ГОСТ 23247-78									
O07	9.	Точить канавку								
T08	035-2126-1187 Резец Т14К8 ОСТ 2И10-7-84									
09										
10	2.	Сверлить								
11	2302-1057 Сверло ±12 Р18 ГОСТ 20696-75									
12	ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89									
13	3.	Сверлить								
14	2302-1066 Сверло ±14 Р18 ГОСТ 20696-75									
15	ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89									
16	4. Расточить отверстия предварительно									
17	2145-0048 2 Резец ВК6М ГОСТ 18063-72									
18	5. Расточить отверстия предварительно									
OK	Операционная карта									6

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1105-84		Форме	
Дуол.			
Бзам.			
Плол.			
			4
			005

Technical drawing of a diamond-shaped cross-section. The shape is a diamond with rounded corners. The top-left corner has a radius of R125. The top edge has a 65-degree angle. The top-right corner has a radius of R125. The top edge is labeled with a diameter of $\varnothing 86 \pm 0,125$. A section line 'A-A' is shown with arrows pointing to the right.

Technical drawing of a rectangular cross-section. The top edge has a radius of R125. The top edge is labeled with a diameter of $70 \pm 0,125$. The bottom edge is labeled with a diameter of $52 \pm 0,125$. A section line 'A-A' is shown with arrows pointing to the right.

КЭ	Карта эскизов
----	---------------

Продолжение приложения А

