

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 вала под подшипник руля
для болида проекта «Формула Студент»

Студент	<u>В.А. Акобян</u> (И.О. Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	

Тольятти 2020

Аннотация

Акобян В.А. Технологический процесс изготовления вала под подшипник руля для болида проекта «Формула-студент». ТГУ - Тольятти. 2020.

Цель работы - спроектировать технологический процесс изготовления вала под подшипник руля, входящего в рулевое управление автомобиля студенческого проекта «Формула-студент». Вал рулевого управления является ответственной деталью, от которой зависит безопасность движения гоночного болида, его управляемость. Поэтому требования к валу максимально высокие. Для единичного производства выбрана методика проектирования технологии, соответствующая серийному производству для большей детализации проектируемых операций и применения аналитических методов расчета припусков и операционных размеров, а также для расчета режимов резания. Степень подробности проектирования технологического процесса изготовления таких деталей определяется двумя факторами: малой серией (10 штук) и ее ответственностью с точки зрения функционального назначения в рулевом управлении. Вал простой конфигурации из углеродистой стали 40Х. Форма технологичная, за исключением глухого отверстия высокой точности с плоской торцевой поверхностью. Тип заготовки выбран из сортового горячекатаного проката. Технология типовая для детали такого типа. Поскольку вал небольшой длины, базирование и закрепление только в патроне. Операция токарной обработки выполняется по принципу концентрации на высокопроизводительном токарном центре. Инструмент – резцы для наружного точения и внутреннего растачивания используют высокоэффективные режущие пластины, оптимизированные по форме и материалу. Спроектирована оснастка для данного этапа, включая приспособление и инструмент. Технология анализировалась на соответствие требованиям по охране труда. Все предложения по изменению в базовом варианте технологии обоснованы в экономическом расчете с учетом типа производства.

Abstract

Technological process of manufacturing the shaft for the steering wheel bearing for the car project "Formula-student". TSU-Tolyatti. 2020

The aim of this work is to design a manufacturing process for a shaft bearing steering part steering car student project "Formula student". The steering shaft is a component that determines the safety of the race car, its handling. Therefore, the requirements for the shaft are as high as possible. For a single production, the technology design method corresponding to serial production is selected for greater detail of the designed operations and the use of analytical methods for calculating allowances and operating dimensions, as well as for calculating cutting modes. The degree of detail in the design of the manufacturing process of such parts is determined by two factors: small series (10 pieces) and its responsibility in terms of functional purpose in steering. The shaft is a simple configuration OF 40x carbon steel. The shape is technological, with the exception of a high-precision blind hole with a flat end surface. The type of billet is selected from long-range hot-rolled products. The technology is typical for this type of part. Since the shaft is of a small length, basing and fixing only in the cartridge. The turning operation is performed on the principle of concentration on a high-performance turning center. Tool-cutters for external turning and internal boring use highly efficient cutting plates optimized in shape and material. Designed equipment for this stage, including the clamping device and tool. The technology was analyzed for compliance with labor protection requirements. All proposals for changes in the basic version of the technology are justified in the economic calculation, taking into account the type of production.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ состояния вопроса	7
1.1 Служебное назначение вала под подшипник руля	7
1.2 Классификация поверхностей.....	7
1.3 Анализ технологичности вала под подшипник руля.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Выбор типа производства.....	11
2.2 Выбор и проектирование заготовки	12
2.3 Выбор методов обработки.....	13
2.4 Расчет припусков на обработку	15
2.5 Разработка технологического маршрута и схем базирования.....	17
2.6 Выбор баз, обоснование схем базирования	18
2.7 Выбор средств технологического оснащения	18
2.8 Проектирование операций.....	20
3 Проектирование специальных средств оснащения	26
3.1 Подготовка данных для расчета приспособления	26
3.2 Расчет усилия зажима	27
3.3 Расчет зажимного механизма.....	31
3.4 Расчет силового привода	32
3.5 Расчет точности установки в патроне	33
3.6 Описание работы патрона	33
3.7 Проектирование режущего инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	37

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	40
4.6 Выводы по разделу.....	40
5 Экономическая эффективность работы	43
Заключение	48
Список используемых источников.....	49
Приложение А Технологическая документация.....	53
Приложение Б Спецификация приспособления	58
Приложение В Спецификация инструмента	60

Введение

Для развития конструкторских и технологических навыков в Тольяттинском государственном университете развивается студенческий проект «Формула студент». Для повышения результатов выступлений на соревнованиях необходимо постоянно совершенствовать конструкцию гоночного болида. Поэтому регулярно проектируется усовершенствованный гоночный болид, а также изготавливается на основе технологий, разработанных участниками проекта. Для оптимизации стоимости конструкции при проектировании широко используется принцип унификации. Но из-за изменений соотношения размеров в общей компоновке корпуса, меняются размеры некоторых деталей, к которым относится и рулевое управление. Поскольку даже единичные заказы на современных предприятиях, специализирующихся на выпуске мелких серий изделий, обрабатываются на станках с программным управлением, в предлагаемой технологии используются такое оборудование.

Рулевое управление обеспечивает управляемость и безопасность движения гоночного болида. Необходимо обеспечивать надежную передачу рулевого крутящего момента с руля на колеса болида. Для этого необходимо обеспечить адекватность технических требований функциональным требованиям узла. Далее необходимо разработать технологию, которая соответствовала бы самым современным требованиям по затратам, ресурсосбережению, энергосбережению и точности. Адекватность предложенных технологических решений подтверждается конструктивным обеспечением, которое также должно соответствовать ряду критериев, по которым оценивается современное оснащение. Это стойкость, надежность инструмента для высокопроизводительной обработки, быстрая сменяемость, вибрационная устойчивость. Приспособление должно быть точным, механизированным даже для единичного типа производства, надежным. Все предложения по технологии проверяются на экологичность, экономичность.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение вала под подшипник руля

Данный вал относится к базовой детали рулевого управления гоночного болида проекта «Формула студент». Он передает крутящий момент от руля на передние колеса.

Вал имеет одностороннюю ступенчатую форму с небольшим перепадом диаметров. По соотношению длины к диаметру вал относится к деталям высокой жесткости. Вал в процессе работы при управлении болидом испытывает значительные динамические нагрузки в виде знакопеременного крутящего момента.

С учетом указанных особенностей нагружения и служебного назначения материал для изготовления вала низколегированная сталь 40ХН ГОСТ 4543-71. По характеристикам она имеет все необходимые параметры по механической прочности и усталостной выносливости.

Основные характеристики материала [10]:

- коэффициент обрабатываемости – нормальный (для твердосплавного инструмента $k=1,0$; для быстрорежущего инструмента $k=0,9$);

- предел прочности на растяжение после закалки $\sigma_b=980$ МПа;

- плотность 7850 кг/м³;

- твердость при сечении до 40 мм не более НВ 325;

После закалки твердость HRC 32..35.

1.2 Классификация поверхностей

На основе служебного назначения вала под подшипник руля классифицируем поверхности с учетом их функций (рисунок 1 – 3, таблица 1).

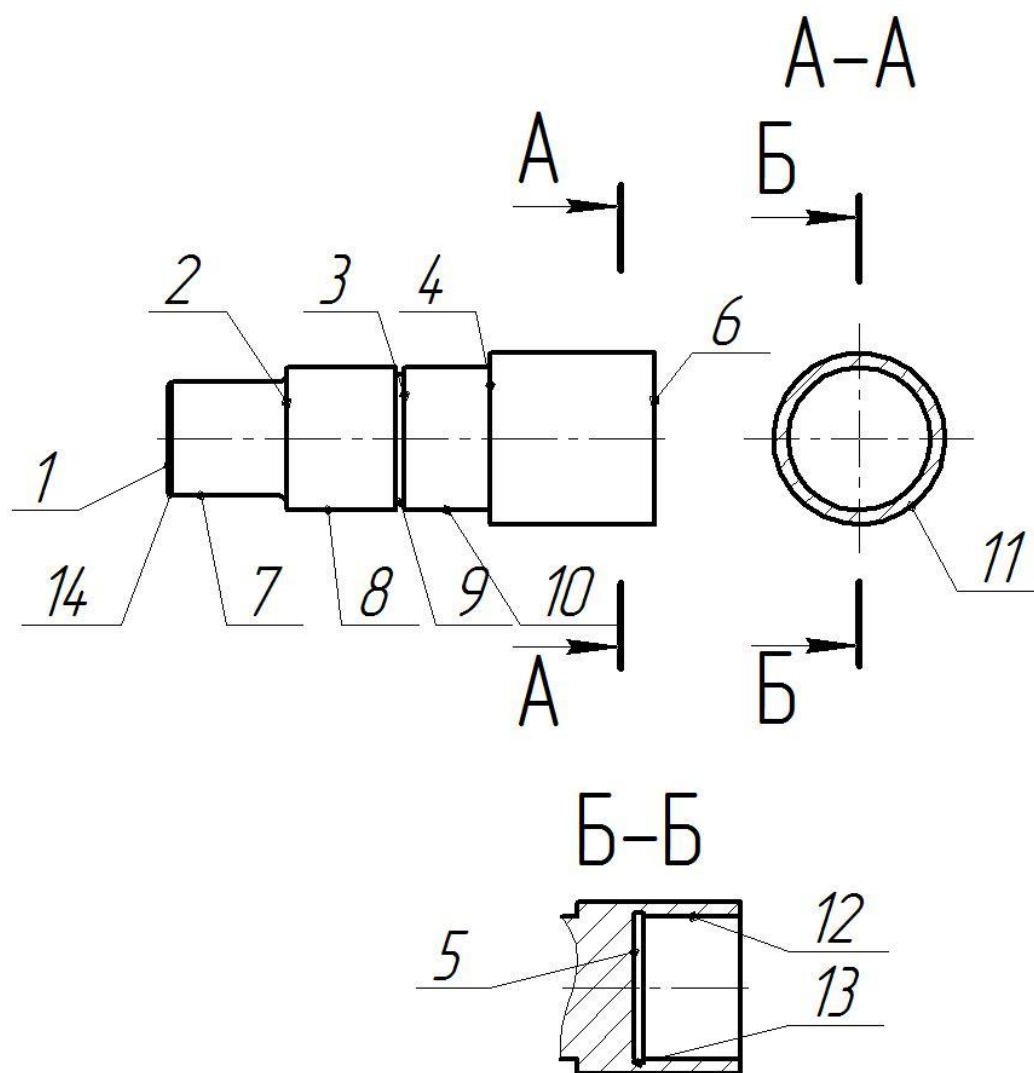


Рисунок 1 – Эскиз вала под подшипник руля болида

1.3 Анализ технологичности вала под подшипник руля

Конструкция вала стандартной формы с унифицированными конструктивными элементами. Для разработки технологического процесса изготовления вала односторонней ступенчатости малых габаритов, простой формы используем типовой технологический процесс [9, 11, 21, 22].

Доступность инструментов затрудняется при обработке точного глухого отверстия с гладкой торцевой поверхностью, что затрудняет его первоначальное формование и ограничивает выбор режущего инструмента. Инструментальная доступность средств контроля обеспечивается.

Таблица 1 - Классификация поверхностей вала по служебному назначению

Вид поверхности	Поверхность на эскизе
1 Исполнительный	Шейка - 7 Отверстие - 12
2 Конструкторские базы	
2.1 Основные	Шейки –8, 10 Буртик - 4
2.2 Вспомогательные	Шейки –7, 12 Буртик – 6 Канавка – 3,9
3 Свободные	Оставшиеся

Технологичность базирования и закрепления заготовки обеспечивается. Для заготовки с небольшим вылетом достаточно будет консольной схемы закрепления [17]. Для уменьшения непроизводительных затрат токарная обработка проводится при установке последовательно в два патрона оппозитно расположенных относительно друг друга. Точность финишных переходов обеспечивается при установке по той же схеме.

Все остальные технологические признаки по конфигурации баз, их совпадению, качественным параметрам отвечают признаку технологичности. При выполнении технологического процесса по изготовлению вала не будут возникать проблемы [21-23].

Вал для подшипника руля болида «Формула-студент» для условий единичного производства лучше всего получать из проката. Простая цилиндрическая форма вала, поэтому прокат должен быть сортовой горячекатаный нормальной точности. Заготовка относительно короткая, поэтому правки не требуется. Но перед обработкой нужно провести термообработку, например, нормализацию, для повышения технологических свойств материала. Поскольку деталь короткая, закрепление заготовки в центрах не требуется. Весь маршрут обработки складывается из двух этапов. Сначала последовательная обработка с одной стороны, где утолщенный фланец с отверстием. Закрепление заготовки при этом проводится по

шейкам, прилегающим к этому фланцу. Затем обработка с другой стороны при закреплении по шейке с максимальным диаметром.

Поскольку геометрические формы вала простые, лучше всего ее обрабатывать на новых обрабатывающих центрах с возможностью последовательно обрабатывать на черновых и чистовых переходах, перехватывая заготовку патронами, установленных в шпинделе и контршпинделе. Для этого используется токарный обрабатывающий центр. Обработка утолщенного фланца сопровождается переходом по сверлению и растачиванию отверстия. Цилиндрическую поверхность отверстия отделяют от торца для шлифовальных переходов. Для этого обрабатывается канавка под выход шлифовального круга.

Самая большая диаметральная поверхность этой детали изготавливаются по 9 качеству. Из горячекатаного проката такой точности добиться не удастся, поэтому необходимо снимать с этой поверхности припуск. С учетом этого проведен упрощенный расчет операционных размеров и припусков на данную поверхность для определения размера исходной заготовки по наружному диаметру.

Точных цилиндрических наружных поверхностей две - диаметром 16 мм и 20 мм. Проведен расчет припуска и операционных размеров аналитическим способом. Для последнего перехода, с учетом напуска, округляем до принятого стандартного значения полученный диаметр заготовки. Припуски для токарной черновой обработки пересчитываем. Выбор метода получения заготовки здесь проводить нецелесообразно, поскольку единственным экономичным вариантом является прокат.

Раздел содержит полный анализ особенностей конструкции вала, которые определяют его технологичность. Выделены конструктивные особенности – глухое отверстие, которые будут представлять трудность при обработке.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор типа производства

Производство соответствует единичному типу. Определен по заданию (годовой объем задан $N=10$ деталей в год) и массе вала (по чертежу) $m=0,14$ кг [11, 13].

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
21 Шейка цилиндрическая	8	-	3,2
22 Плоскость	12	-	2,5
23 Канавка	12	-	3,2
24 Шейка цилиндрическая	7	Радиальное биение 0,012	1,6
25 Фаски	12	-	3,2
26 Отверстия центровые	9	-	3,2
27 Резьба	8	-	3,2
28 Отверстие	12	-	3,2
29 Коническая фаска	9	-	2,5

2.2 Выбор и проектирование заготовки

Можно сразу принять способ получения заготовки - прокат [11]. Проектирование проката в данном случае заключается в назначении припусков на крайне торцы, которые обрабатываются переходом точение [13]. Для повышения качества обработки данные переходы можно выполнить

2 раза: черновой и чистовой. Соответственно табличные припуски по переходам суммируются. Прибавляя к размерам детали, получаем размер прутка, который отрезаем на ленточно-отрезном станке. Так как наибольший диаметр имеет невысокие требования по точности, прокат выбирается нормальной точности.

Припуски на обработку поверхностей заготовки будем назначать по табличным данным [12]. Масса детали по чертежу $m=0,14$ кг.

2.3 Выбор методов обработки

Технологический маршрут обработки всей детали складывается из заготовительной стадии (выбран прокат), токарной обработки, которая выполняется на одном станке и включает в себя черновое и чистовое точение, обработку отверстия и канавок, фасок и галтелей. После термообработки закалки, проводим шлифовальные операции, связанные с обработкой наружных шеек на кругло-шлифовальных станках и обработку отверстия на внутришлифовальном станке. Вся структура технологии выстраивается в соответствии с построением типового технологического процесса обработки вала. Последовательность операций представлена в таблице 2. Для подробного проектирования операции выбираем токарную обработку. Она включает в себя снятие напусков по всей поверхности для формирования контуров вала для подшипника руля. Далее проводится обработка чистовых припусков по всем поверхностям. Обработка отверстия включает в себя сверлильный переход, расточной и обработку канавки [23].

В маршрут обработки данной детали на токарной операции входят также обработка канавки под стопорное кольцо. На чистовой стадии формируем фаски и галтели. Соответственно с выбранными переходами подбираем режущий инструмент, а также проводим расчет режимов резания. Данный расчет выполняется с использованием справочных и нормативных данных, а также калькуляторов режимов резания, которые представляют в

виде онлайн сервисов, например, фирма Sandvick. После расчета режимов резания, необходимо провести нормирование технологических операций. Оно включает в себя определение основного или, как его еще называют, машинного времени, которое определяется непосредственно технологическими основными переходами. Также определение вспомогательного времени, которое связано с переходами, необходимыми для установки и снятия заготовки, управления станком и режущим инструментом, наладки режима резания.

Для детали типа вал, небольших габаритов из стали 40X определяем последовательность обработки поверхностей [12] и заносим данные в таблицу 3. В ней поверхности сгруппированы по вариантам обработки. Для неточных поверхностей это вариант №1. Он включает обтачивание черновое до 12 квалитета и шероховатости Ra 12,5 мкм. Далее обтачивание чистовое до 9 квалитета и шероховатости Ra 3,2 мкм. Вариант №2 обработки дополнительно к переходам из первого варианта включает переходы по чистовой обработке: черновое шлифование до 8 квалитета и шероховатости Ra 2,5 мкм. Далее чистовое шлифование до 7 квалитета и шероховатости Ra 1,6 мкм. Вариант №3 включает сверление центровочным сверлом, сверление спиральным сверлом, цекование, зенкование, нарезание резьбы метчиком. Для всех поверхностей между черновой и чистовой стадиями включается термообработка – закалка.

Таблица 3 - Последовательность обработки поверхностей

Поверхность	Технология
1, 2, 6, 12, 14, 16, 19, 23, 25, 26	1
5, 11, 15, 17, 20, 21, 24	2
3, 4	3
26	4
27-29	5

На первом и втором этапе токарной обработки обеспечивается размерная точность, показатели точности расположения шеек. На шлифовании 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 с последующим низким отпуском.

2.4 Расчет припусков на обработку

Обработка шейки диаметром 16r6 мм проходит из двух обтачиваний, и двух шлифований. Токарная обработка ведется на одном установе. Шлифование проводится за две операции при установке в жестких центрах. В таблицу 2.3 сведены расчетные данные по методике из [13].

Суммарное пространственное отклонение будет включать только коробление и погрешность зацентровки [12]:

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

где $\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 94 = 47$ мкм – коробление прутка, мкм;

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

$$\rho_z = \sqrt{(0,047)^2 + (0,15)^2} = 0,157 \text{ мм.}$$

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

$$\rho_{\text{кор}} = 0,05 \cdot 0,157 = 0,007 \text{ мм.}$$

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 2.2.

Припуск по переходам:

$$2Z_{imin} = 2\left(100 + 100 + \sqrt{157^2 + 250^2}\right) = 994 \text{ мкм};$$

$$2Z_{imin} = 2\left(60 + 60 + \sqrt{10^2 + 10^2}\right) = 260 \text{ мкм};$$

$$2Z_{imin} = 2\left(25 + 25 + \sqrt{6^2 + 8^2}\right) = 131 \text{ мкм};$$

$$2Z_{imin} = 2\left(10 + 5 + \sqrt{3^2 + 3^2}\right) = 40 \text{ мкм}.$$

Аналогично производим расчет по остальным графам таблицы.

Таблица 4 - Припуски на поверхности диаметром 16г6 $\left(\begin{smallmatrix} +0,034 \\ +0,023 \end{smallmatrix}\right)$ вала по переходам

Переход	Дефектный слой	Шероховатость	Отклонения формы	Погрешность установки	Допуск	Припуск минимальный	Припуск максимальный	Припуск средний	Размер минимальный	Размер минимальный
Заготовка	100	100	157	-	2100	-	-	-	-	-
Черновая обработка	60	60	10	250	330	994	1944	1465	17,448	17,848
Получистовая обработка	25	25	6	10	150	260	560	410	16,454	16,904
Шлифование первое	10	5	3	8	50	131	231	221	16,063	16,113
Отделочная обработка	5	3	2	3	11	40	79	59	16,023	16,034

Для данной поверхности первый переход будет связан с удалением напуска, поэтому расчетный припуск и размер определяется для последнего черного перехода, а до этого обработка будет вестись с максимальным припуском. Для обработки максимального наружного диаметра можно использовать припуск до 1,5 мм на сторону. На диаметр припуск составит до 3 мм и диаметр прутка равен 27 мм. Для заготовки выбираем горячекатаный прутки диаметром 27 с отклонениями верхним +0,5 мм, - нижним -1,3 мм. Предварительно он проходит термообработку – нормализацию для стабилизации и снижения остаточных напряжений.

Спроектированная заготовка вала представляет собой прутки диаметром 27 мм и длиной 72 мм. Масса заготовки 0,32 кг и коэффициент использования материала 0,44.

2.5 Разработка технологического маршрута и схем базирования

Технология спроектирована на основе базовой, которая сведена в таблицу 5 [11].

Таблица 5 – Базовый маршрут обработки вала

№ операции	Название операции	Номер обрабатываемых поверхностей	Квалитет	Ra, мкм
000	Заготовительная	1, 6, 11	15	20
005	Токарная	1, 2, 3, 4, 7, 8, 10	12 9	12,5 3,2
010	Токарная	6, 11, 12, 13	9	6,3
015	Термообработка	Закалка	-	-
020	Круглошлифовальная черновая	4,10,8,2,7	7	1,25
025	Круглошлифовальная чистовая	4,10,8,2,7	6	0,63
030	Внутришлифовальная	12	7	1,25
035	Моечная	-	-	-
040	Контрольная	-	-	-

Окончательно принимаем маршрут обработки вала руля с учетом изменений, связанных с использованием токарного центра и концентрацией переходов на одном станке.

000 Заготовительная – прокат;

005 Токарная;

010 Токарная;

015 Термообработка;

020 Круглошлифовальная черновая;

025 Круглошлифовальная чистовая;

030 Внутришлифовальная;

035 Моечная;

040 Контрольная.

2.6 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» [9].

В качестве опорных баз используется или крайний торец заготовки или буртик вала.

2.7 Выбор средств технологического оснащения

Для отрезки ленточно-отрезной станок 8Б545. Для закрепления используются тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75 [17]. Инструмент пила ленточная 16x0,6x1,6 У8А.

Для токарной обработки, для точения, сверления, рассверливания, растачивания используется токарно-фрезерный станок EmcoTurn332МС

размеры с размерами 2600x2000x1900 мм мощностью привода 25 кВт. Его рабочая зона обеспечивает возможность обработки вала длиной 540 мм диаметром до 140 мм [19].

Для токарной операции выбираем патрон трех кулачковый самоцентрирующийся со сменными кулачками, люнет самоцентрирующий.

На токарной операции используем для точения резец контурный: черновой - PDINL2020P15 T5K10 ТУ 2-035-892-82; чистовой - PDINL2020P15 T15K6 ТУ 2-035-892-82 [19, 20].

Для прорезки канавки используем 035-2126-1181 T14K8 ОСТ 2И10-7-84.

Для обработки отверстия необходимо просверлить отверстие - сверло спиральное 2301-0061 диаметр 18 мм P18 ГОСТ 10903-77. Далее растачивается – резец расточной К.01.4980.000-01 T15K6 ТУ 2-035-1040-86.

Внутренняя канавка - резец SIGEL1616С, пластина GEL160-С PM125 (рисунок 2).

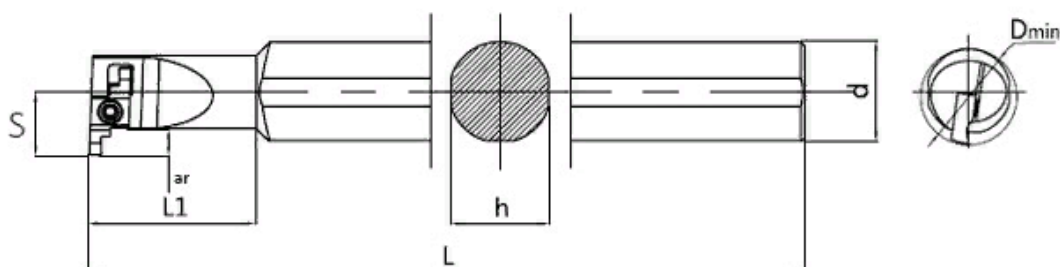


Рисунок 2 – Эскиз канавочного резца

Фреза концевая P6M5 диаметр 12 [22].

Шлифовальные операции – станок круглошлифовальный 3М151. Патрон мембранный D-210 КОМБИ ГОСТ 2571-71. Круг 5 350x40x127 14А F46 О 6 V 32 м/с 2 кл. ГОСТ 52781-2007. Для чистовой обработки - 5 350x40x127 25А F90 Q 5 V 35 м/с 1 кл. ГОСТ 52781-2007.

Внутришлифовальная – станок внутришлифовальный универсальный 3А227П. Патрон мембранный D-210 КОМБИ ГОСТ 2571-71. Круг 1 18x25x8 25А F36 М 5 V 32 м/с 2 кл. ГОСТ 52781-2007.

В техпроцессе используем следующие средства контроля. Для операционного текущего контроля всех размеров на черновой и получистовой стадиях штангенциркуль ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89. Для контроля на шлифовальных операциях - микрометр МК- 100 ГОСТ 6507-78.

Шероховатость сравнивается с образцами Ra 0,63 мкм; Ra 1,25 мкм; Ra 2,5 по ГОСТ 9378-93.

2.8 Проектирование операций

Для проектирования технологической операции используется специализированная программа фирмы Sandvick.

Операция токарная 005 включает один установ. Обрабатываются поверхности 1, 2, 4, 7,8 ,10 сначала начерно, затем начисто и дополнительно к ним 3, 9. На операции 010 – 6, 11, 12, 13.

Глубина резания t определяется по расчету. Подача S по справочным таблицам.

Скорость резания определяется по формуле [13]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \quad (3)$$

где

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (4)$$

где K_{mv} , K_{nv} , K_{uv} - коэффициенты на материал заготовки, состояние обрабатываемой поверхности [14], материал резца (Т15К6);

T – стойкость пластины принимаем 30 мин;

C_v, x, y, m коэффициенты принимаем по [14].

Обороты заготовки в минуту по формуле [13]

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (5)$$

где D – диаметр шейки, мм.

Теперь, зная подачу и обороты шпинделя, вычислим подачу минутную:

$$S_{\text{мин}} = S \cdot n, \quad (6)$$

Сила резания по составляющим тангенциальной P_z , радиальной P_y , осевой P_x по формуле [13]

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p. \quad (7)$$

где $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ - коэффициенты уравнения [14];

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{op} \cdot K_{yp} \cdot K_{rp}.$$

где поправочные коэффициенты берутся из [13].

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

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (8)$$

Сравниваем мощность резания с паспортным значением мощности выбранного станка. Если она меньше, условие выполняется и режимы и станок принимаются.

Полученные режимы обработки сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Режимы резания для токарных переходов на 005 операции

Параметры	Размерность	Первый переход	Второй переход
Скорость резания	м/мин	145	208
Подача на оборот	мм	0,5	0,2
Обрабатываемый диаметр	мм	27	17,8
Обработанный диаметр	мм	17,8	16,9
Глубина резания	мм	1,5	0,41
Частота вращения	Об/мин	1710	3721
Минутная подача	мм/мин	855	744
Максимальная мощность резания	кВт	3,5	2,4
Максимальный момент резания	Нм	18,5	5,7
Сила резания	Н	1524,4	738,8

В полученных результатах частота вращения не корректируется с данными, указанным для станка, так как станки имеют бесступенчатое регулирования частоты вращения. Глубина резания равна значению, найденному при расчете аналитическим способом.

Для проверочных силовых расчетов используем силу, полученную по данному расчету по максимальному припуску.

Токарная 010. При точении режимы резания аналогичные операции 005.

Обработка отверстия включает сверление, растачивание и точение канавки. Из-за образования конуса после сверления требуется фрезерование торца отверстия концевой фрезой по периметру.

Полученные режимы обработки отверстия сведены в таблицу 7.

Результаты расчета на другие операции сведены в таблицах 8, 9.

Нормы времени по методике в [13]. Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_s + T_{об} + T_{ом}, \quad (9)$$

Таблица 7 - Режимы резания на 010 операции

Параметры	Размерность	Сверление	Растачивание	Точение канавки	Фрезерование
Скорость резания	м/мин	35	85	75	35
Подача на оборот	мм	0,17	0,2	0,15	0,06
Обрабатываемый диаметр	мм	18	18	19,2	20
Обработанный диаметр	мм	18	19,2	20,5	20
Глубина резания	мм	9	0,4	0,7	1,5
Частота вращения	Об/мин	619	1424	1194	928
Минутная подача	мм/мин	105	285	179	56
Максимальная мощность резания	кВт	1,7	0,3	1,7	0,06
Максимальный момент резания	Нм	25,6	1,74	12,3	0,6
Сила резания	Н	-	197	1764	

где все параметры приведены в [13].

005 Токарная:

$$T_o = \frac{L}{nS_o} \cdot i, \quad (10)$$

где L – длина расчетная рабочего хода инструмента;

n – обороты шпинделя, об/мин;

S_o – подача, мм/об;

i – число ходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (11)$$

Сверление, растачивание, канавка, фрезерование по контуру с холостыми ходами

$$T_o = 0,24 + 0,06 + 0,02 + 0,32 + 0,02 = 0,66 \text{ мин.}$$

$$T_{y.c.} = T_{z.o.} = 0,15 \text{ мин.}$$

$$T_{уп-изм} = 0,03 + 0,08 + 0,35 = 0,46 \text{ мин.}$$

$$T_{г} = (0,15 + 0,46) \cdot 1,87 = 1,14 \text{ мин.}$$

В единичном производстве для всех операций $T_{об}$ и $T_{от}$ определяются суммарно в процентах от оперативного времени $T_{он} = T_o + T_{г}$. Время обслуживания рабочего места и перерывы:

$$П_{об.отд} = 6,5\% ; T_{он} = T_o + T_{г} = 0,66 + 1,14 = 1,8 \text{ мин}$$

$$T_{об.от} = \frac{1,8 \cdot 6,5}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = T_o \cdot П_{от} / 100 \quad (12)$$

где $П_{от}$ - время на отдых.

$$T_{ум} = T_o + T_{г} + T_{об} + T_{от} = 0,66 + 1,14 + 0,12 + 0,12 = 2,04 \text{ мин.}$$

Время обработки при изменении операции включением сверления блоком позволяет обойтись без фрезерования поверхности, а время обработки сократить. Это сокращает время на управление станком, устраняет холостой ход на исключенном переходе. Тогда основное время и общее обработки равно

$$T_{он} = T_o + T_{г} = 0,3 + 1,06 = 1,36 \text{ мин}$$

$$T_{об.от} = \frac{1,36 \cdot 6,5}{100} = 0,09 \text{ мин.}$$

$$T_{ум} = T_o + T_{г} + T_{об} + T_{от} = 0,3 + 1,06 + 0,09 + 0,09 = 1,54 \text{ мин.}$$

Это сокращение времени обусловлено используемым инструментом, рассчитанным в соответствующем разделе. В разделе спроектированы операции технологии изготовления вала под подшипник руля болида. На

основе выбранной заготовки назначены переходы, которые гарантируют получение заданной точности и качества. Для операций выбрано оснащение, рассчитаны режимы резания и нормы времени.

Во втором разделе выполнено проектирование технологии. Оно включает в себя выбор заготовки (в данном случае – прокат), проектирование технологических операций на основе элементарных переходов, назначенных ранее для каждой отдельной поверхности. Особенностью технологии является комплексная токарная обработка, которая выполняется на токарном центре. Она состоит из двух этапов - чернового и чистового. Отличается тем, что на первой операции обрабатывается заготовка консольно с одной стороны начерно и начисто. Затем на следующей операции с другой стороны производится обработка по наружному контуру и формирование отверстия. На операции спроектированы технологические наладки. До этого рассчитаны режимы резания и выполнено нормирование для всех операций, подобрано оборудование и оснащение. Технологический маршрут включает также термическую операцию, торцекруглошлифовальную операцию для чернового шлифования, круглошлифовальную для чистового шлифования и внутришлифовальную для обработки точного отверстия. Заключительные операции моющая и контрольная. В приложении А приводится разработанная технологическая документация.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Подготовка данных для расчета приспособления

В разделе проектируется патрон для токарного центра на токарную операцию. Он должен обеспечить возможность установки и обработки заготовки на черновых переходах по точению, чистовую обработку, включая точение канавок, сверление и растачивание, в том числе канавки внутренней.

Заготовка – прокат из сплава 45Х. Все силовые расчеты на переходы выполнены в предыдущем разделе.

Силу резания определяем через рассчитанный крутящий момент резания. Для этого полученную величину момента резания делим на радиус обрабатываемой поверхности.

$$P_z = \frac{M_{кр}}{R}, \quad (13)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент резания по расчету, Нм;

R – радиус обрабатываемой поверхности, м.

Получены следующие результаты:

Точение черновое – $P_z = 1524,4$ Н, $P_y = 1148$ Н. Сверление отверстия 35 мм – $M_{кр} = 2566$ Нм.

Для сверления используем момент – $M_{кр} = 479$ Нм.

Тип проектируемого приспособления переналаживаемое (для обработки различных заготовок) одноместное, универсальное приспособление – токарный патрон. Предусматривается различная форма сменных кулачков.

Установка предусматривает только патрон (рисунок 2).

3.2 Расчет усилия зажима

Расчет силы зажима проведем с учетом особенностей схемы установки и с учетом переходов, которые выполняются на них [18].

Тангенциальная составляющая сил резания при точении проворачивает заготовку в патроне (рисунок 5). 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.

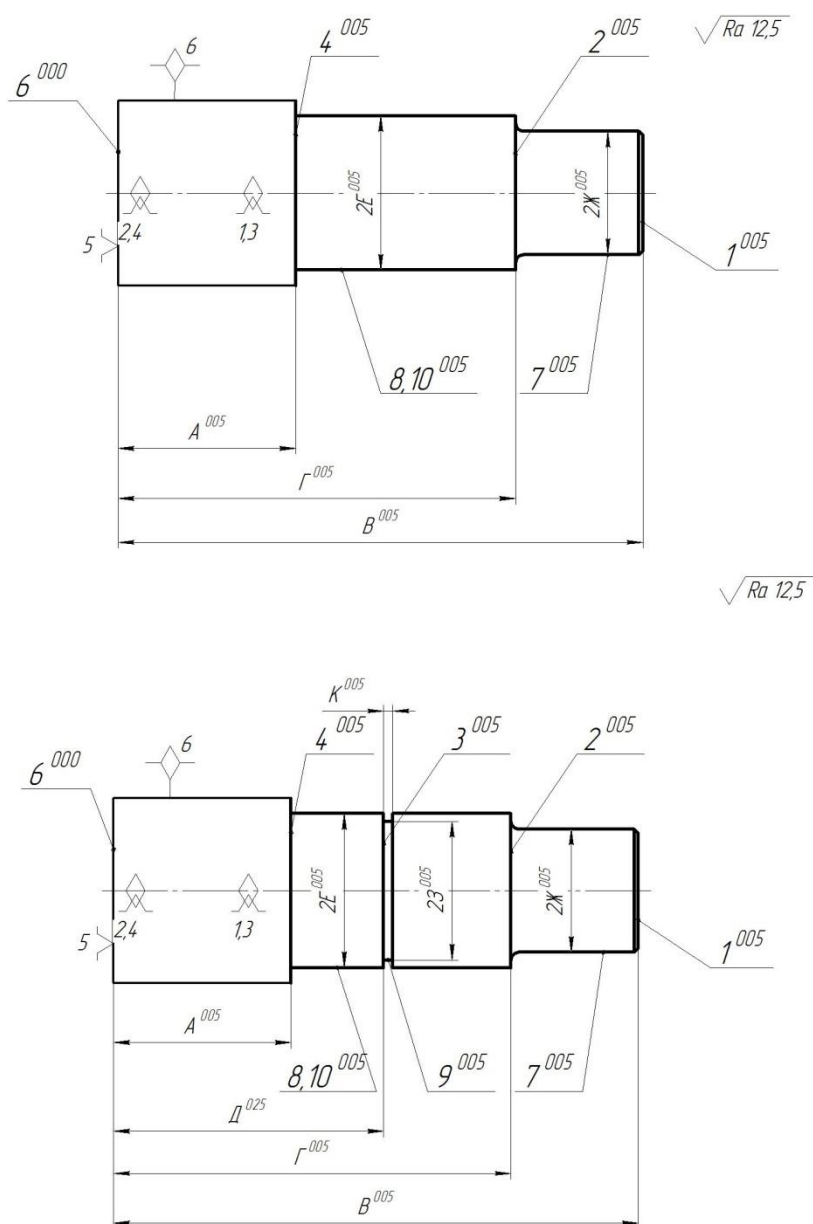


Рисунок 3 – Операционный эскиз на операцию 005

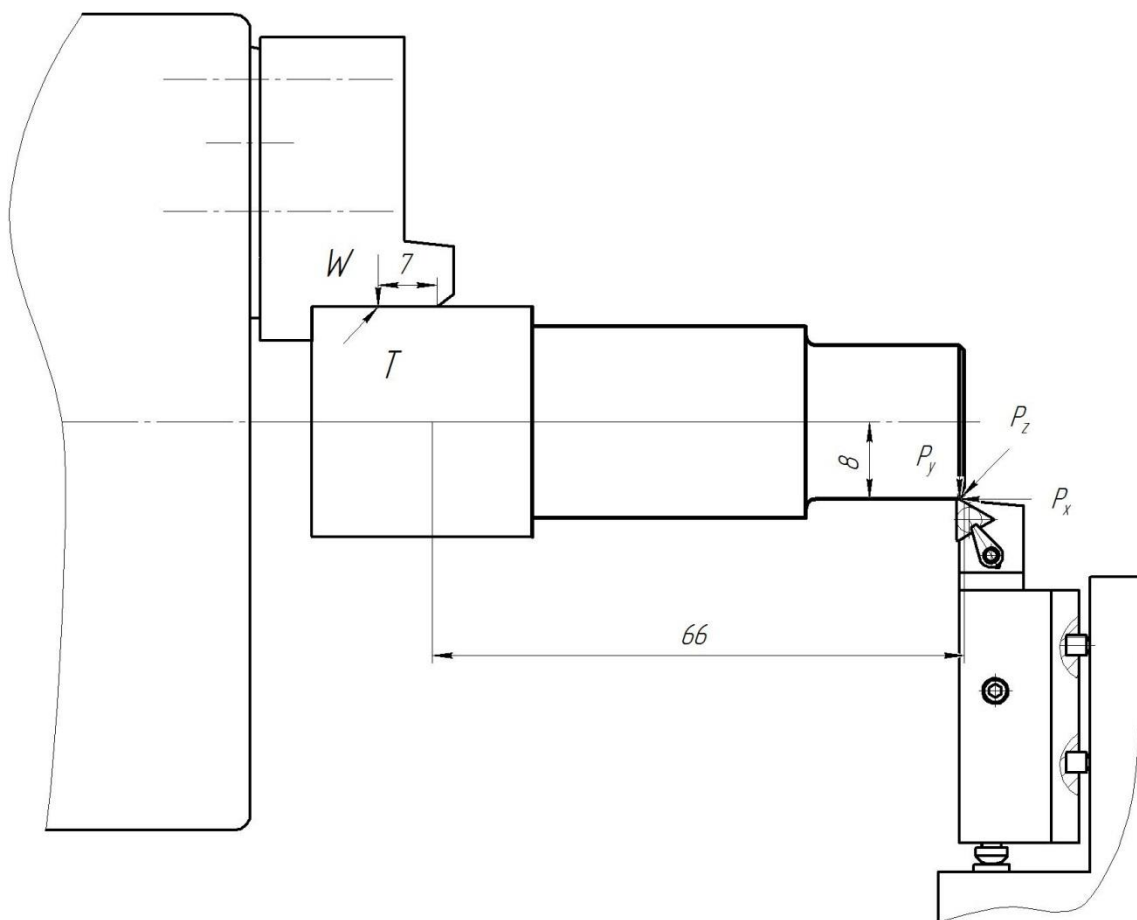


Рисунок 5 – Схема для расчета сил зажима на переходе – точения

Заготовка на операции устанавливается консольно в патроне. Жесткость не обеспечивает сопротивление поперечным смещениям под действием P_y . Она стремится вывернуть заготовку из кулачков. Осевая составляющая прижимает заготовку к установочным кулачкам. Поэтому для токарных операций учитываем радиальную и тангенциальную составляющую силы резания.

Коэффициент безопасности K определяется как [20]:

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (15)$$

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

k_1 – параметр, учитывающий неравномерность сил резания при черновой обработке, $k_1 = 1,2$;

k_2 – параметр, учитывающий износ инструмента, $k_2 = 1,2$;

k_3 – параметр, учитывающий прерывистое резание, $k_3 = 1,0$;

k_4 – параметр, учитывающий механизацию зажима, $k_4 = 1,0$;

k_5 – коэффициент для механизированного зажима, $k_5 = 1,0$.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,14.$$

Примем $k=2,5$. Тогда сила закрепления для точения на операции будет

$$W = 2,5(1524 \cdot 0,024/2)/3 \cdot 0,2(0,016/2) = 9525 \text{ Н.}$$

Сила закрепления, необходимая для сверления на операции 015 будет

$$K \cdot M_{кр} = W \cdot f \cdot L_3/2, \quad (16)$$

где L_3 – плечо действия силы закрепления, мм.

$$W = 2,5 \cdot 25,6/3 \cdot 0,2 \cdot \frac{0,018}{2} = 23070 \text{ Н.}$$

Для сверления сила закрепления будет меньше.

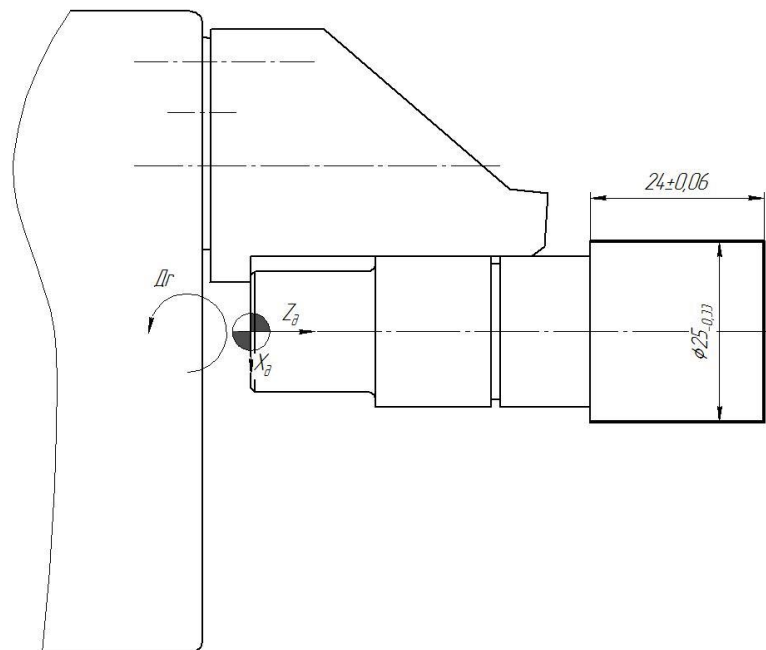


Рисунок 6 – Схема для расчета сил зажима на переходе сверления

Максимальное значение 23070 Н уточняем с учетом потерь на трение в направляющих кулачков:

$$W_1 = W / \left(1 - \left(\frac{3 \cdot l_k}{H_k} f_1 \right) \right), \quad (17)$$

где l_k – вылет кулачков, мм;

H_k – длина направляющей кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения для условий трения смазанных поверхностей, $f_1=0,07$.

$$W_1 = 23070 / \left(1 - \left(\frac{3 \cdot 20}{60} 0,07 \right) \right) = 23167 \text{ Н.}$$

3.3 Расчет зажимного механизма

Сила Q на механизированном приводе увеличивается за счет использования клинового зажима [20]:

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

где i_c – усиливающий коэффициент, который определяется по отношению плеч рычагов. В [12] выбираем $i_c = 1,44$.

$$Q = \frac{23167}{1,44} = 16088 \text{ Н.}$$

Диаметр корпуса патрона $D_{\text{п}}$, мм:

$$D_{\text{п}} = d_3 + 2 \cdot H_K = 50 + 2 \cdot 60 = 170 \text{ мм.} \quad (19)$$

Принимаем конструктивно 200 мм.

3.4 Расчет силового привода

У станка привод зажима расположен с обратного конца шпинделя. Для максимального усилия используется гидравлический привод. Найдем диаметр его поршня [20]:

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

где P – давление среды, МПа. Принимаем $P=7,5$ МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{16088}{2,5}} = 90,6 \text{ мм.}$$

Полученный размер поршня $D < 120$ мм. Для закрепления-раскрепления заготовки найдем ход поршня:

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

где S_W – минимальное перемещение кулачков для беспрепятственной установки вала, $S_W = 4$ мм;

$i_{II} = \operatorname{ctg} \alpha$ - передаточный параметр

$$S_Q = \frac{4}{0,69} = 5,8 \text{ мм.}$$

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 [15]:

$$\varepsilon_y = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,21 = 0,06 \text{ мм.} \quad (21)$$

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

3.6 Описание работы патрона

Патрон необходим для установки заготовки на токарной комплексной операции.

Рычажный патрон предназначен для закрепления заготовки вала на токарной операции.

Особенность патрона заключается в том, что он имеет кулачки двух типоразмеров и форм для двух последовательных операций. Первый комплект кулачков предназначен для закрепления вала на операции 005. Другой комплект кулачков предназначен для консольной установки вала по цилиндрической шейке.

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 базовым 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.

3.7 Проектирование режущего инструмента

Необходимо использовать высокопроизводительный инструмент, обладающий высокой стойкостью, который позволяет снизить до минимума время наладки этого инструмента. За счёт этого обеспечить минимальное время обработки и. в то же время, использование такого инструмента повышает расходы на оснащение. Поэтому такая задача должна решаться в ходе экономического анализа.

Для ускорения обработки отверстия применим сверло модульной конструкции. Особенность этого сверла заключается в корпусе – державке, который используется для установки сменных головок различного диаметра.

Корпус 2 предусматривает посадочные отверстия под установку направляющей шейки вставной режущей головки 1, которая заклинивается в корпусе 2 в пазах по прессовой посадке. Материал вставной режущей головки T15K6. Корпуса сталь 40X. Внутри корпуса предусмотрено два отверстия под подачу СОЖ с выходом отверстий в стружкоотводящую канавку. При работе сверла СОЖ попадает в зону резания и способствует удалению образующейся стружки.

Для повышения эффективности обработки материал режущей части может подвергаться различной обработке (ионная имплантация, покрытия различными нитридами и карбидами) [24-27].

Сверло вставляется в адаптер станка, который фиксируется в держателе станка.

Сверло вкручивается в борштангу. На спроектированной операции сверло неподвижное, а скорость резания задается за счет вращения заготовки. Заточка режущих пластин может выполняться алмазными кругами. Стойкость пластин принимается 60 мин.

Использование такого инструмента обеспечивает обработку глухого отверстия с плоским дном без дополнительной обработки.

Спроектирован патрон для токарной операции и сверло модульной конструкции для сверления глухих отверстий с плоским торцом.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задача раздела – проектирование технологии изготовления вала под подшипник руля с учетом требований стандартов по безопасности труда.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице 8 приведены данные по разработанной технологии в соответствии с [3], которые описывают основные операции разработанного технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же необходимые материалы и вещества.

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

Объект технологии	Технологическая операция	Наименование должности работника, занятого на операции	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы и вещества
Заготовительная	Отрезная	Фрезеровщик	ленточно-отрезной станок 8Б545, тиски	Сталь 45Х, ветошь
Механическая обработка	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ, наладчик станков	Токарной центр EmcoTurn332МС, патрон трех кулачковый	Сталь 45Х, СОЖ, ветошь
Механическая обработка	Шлифовальные операции	Шлифовщик	Шлифовальные станки (3М151, 3А227П)	Сталь 45Х, СОЖ, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 9 рассматриваются для выбранных операций производственно-технологические и эксплуатационные риски.

Таблица 9 - Определение рисков

Технологическая операция, виды работ	Опасный и/или вредный производственный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Токарная, точение черновое, чистовое, сверление, растачивание, шлифование наружное, внутреннее	<p>Факторы физического воздействия:</p> <p>Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов</p> <p>Движущиеся твердые объекты</p> <p>ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов</p> <p>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</p> <p>ОВПФ, связанные с электрическим током</p> <p>ОВПФ, связанные с электромагнитными полями</p> <p>Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)</p> <p>Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия:</p> <p>Статическая нагрузка</p> <p>Перенапряжение анализаторов</p>	<p>Станок EmcoTurn332MC, зона резания, зажимные Шлифовальные станки (ЗМ151, 3А227П) кулачки патрона, резцы, фрезы, сверла, СОЖ, стружка</p> <p>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 обеспечивается мерами снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали вал в таблице 10.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 11 – 13 систематизирована информация по обеспечению пожарной безопасности технологии изготовления вала.

Таблица 10 – Мероприятия, связанные со снижением уровня 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 станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Участок обработки валов	Токарный центр EmcoTurn332, Шлифовальные станки (3M151, 3A227П)	Класс В, Е	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части разрушившегося оборудования, изделий и иного имущества; Вынос высокого напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 12 – Средства и оборудование для пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
первичные	мобильные	стационарные	автоматики	
Ящики с песком, пожарные гидранты, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Технические средства по оповещению и управлению эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 13 – Выбор средств пожаротушения

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

Таблица 14 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Процесс, оборудование	Организационно-технические меры	Нормативные требования
Технология изготовления вала под подшипник руля, токарный центр EmcoTurn332МС, шлифовальные станки (Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих веществ Хранение ветоши в негорючих ящиках Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе представлена оценка мер по обеспечению экологической безопасности технологического процесса изготовления детали вала. Результаты анализа в таблицах 14 и 15.

Таблица 15– Определение экологически опасных факторов объекта

Производственный техпроцесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасные и вредные выбросы в воздух	Сточные воды	Воздействие объекта на литосферу
Технологический процесс изготовления вала под подшипник руля	Токарный центр EmcoTurn332MC, Шлифовальные станки (3M151, 3A227П)	Стружка металлическая Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты Охлаждающие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей

Таблица 16 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название объекта	Технология изготовления вала	
Предлагаемые мероприятия снижения негативного антропогенного воздействия	на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка с использованием пылеуловителей и циклонов
	на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод, замкнутая и оборотная система водопользования
	на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов, соблюдение правил обращения с отходами

4.6 Выводы по разделу

В разделе приводится характеристика объекта: технологического процесса изготовления вала под подшипник руля. Рассматривается токарная

операция на токарном центре EmcoTurn332MC, которая включает переходы точения, сверления и растачивания, шлифование на шлифовальных станках (3M151, 3A227П). Задействован оператор станков с ЧПУ, шлифовщик. Приспособление - патроны. Инструмент упорный, канавочный и расточной резцы, сверло, шлифовальный круг. Применяются материалы: 45Х, СОЖ - эмульсия, ветошь (таблица 8).

Идентификация профессиональных рисков выполнена для токарной и шлифовальных операций, 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 9).

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 10).

Выполнена идентификация класса и опасных факторов пожара для механообрабатывающего участка для вала под подшипник руля (таблица 11). Проводится выбор средств пожаротушения (таблица 12, 13), мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса изготовления вала под подшипник руля (таблица 14).

Определены негативные факторы воздействия технологического процесса изготовления вала под подшипник руля на окружающую среду (таблица 15). Перечислены организационно-технические мероприятия по снижению вредного антропогенного влияния технологии на экологию:

атмосферы – оснащение фильтрующими элементами системы производственной вентиляции (пылеуловители и циклоны), гидросферы – использованием системы многоступенчатой очистки сточных вод; литосферы – сортировкой отходов и их утилизацией на специальных полигонах (таблица 16).

Выявив и проанализировав технологию изготовления вала под подшипник руля, 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 вала под подшипник руля для болида проекта «Формула Студент». На одной из операций предполагается заменить резец расточной К.01.4980.000-01, выполненный из твердого сплава Т15К6, на сверло модульной конструкции, за счет чего из базового варианта будет исключена фреза концевая из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 12 мм. В рамках данного раздела возникает необходимость осуществить обоснование целесообразности таких изменений.

Для того чтобы выполнить основную цель раздела необходимо определить основные экономические параметры, которые позволят сделать соответствующие выводы, а именно:

полную себестоимость выполнения анализируемой операции по вариантам;

капитальные вложения в проектируемый технологический процесс;

и показатели экономической эффективности предложений по совершенствованию процесса.

Все перечисленные параметры определяются по соответствующим методикам, представленным в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [8], 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 7 показаны элементы, из которых происходит формирование этой себестоимости.

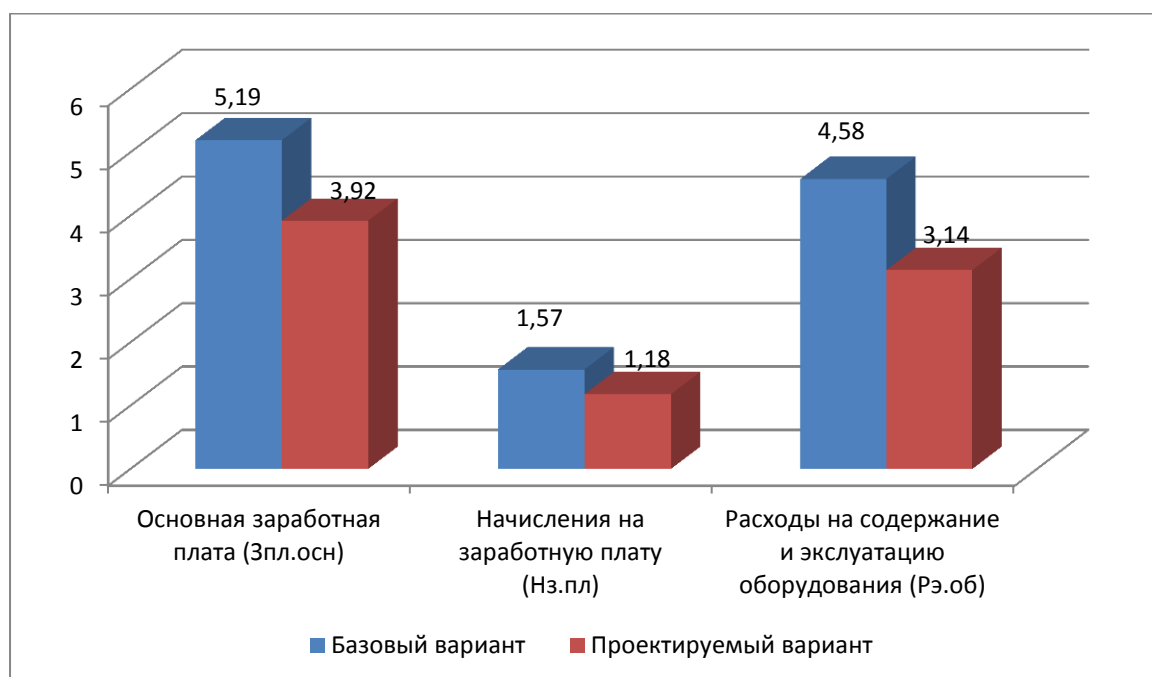


Рисунок 7 – Элементы технологической себестоимости одной операции, сравниваемых вариантов технологического процесса

Анализируя рисунок 7, можно сказать, что максимальное влияние на величину технологической себестоимости оказывает основная заработная плата, которая составляет около 45,8% для базового варианта и 47,5% для проектного варианта от всей величины себестоимости. Следующим по величине является значение расходов на эксплуатацию и содержание оборудования, которое имеет объем в размере 40,4% и 38,1% соответственно. Также из рисунка видно, что предлагаемые изменения в технологический процесс позволяют сократить расходы на изготовление такой детали как «Вал подшипника рука для болида» в среднем на 26,8%. Такие изменения положительно скажутся эффективности проекта, однако говорить об этом пока еще рано, так как необходимо получить расчетные подтверждения предполагаемому мнению.

Представленное на рисунке 7 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, то можно также говорить и об уменьшении этих расходов, сравнивая их значения по вариантам технологического процесса. Однако, они оказывают существенное влияние на все виды себестоимостей, которые формируются в процессе выполнения данного технологического процесса.

На рисунке 8 показаны величины всех видов себестоимостей, при выполнении анализируемой операции.

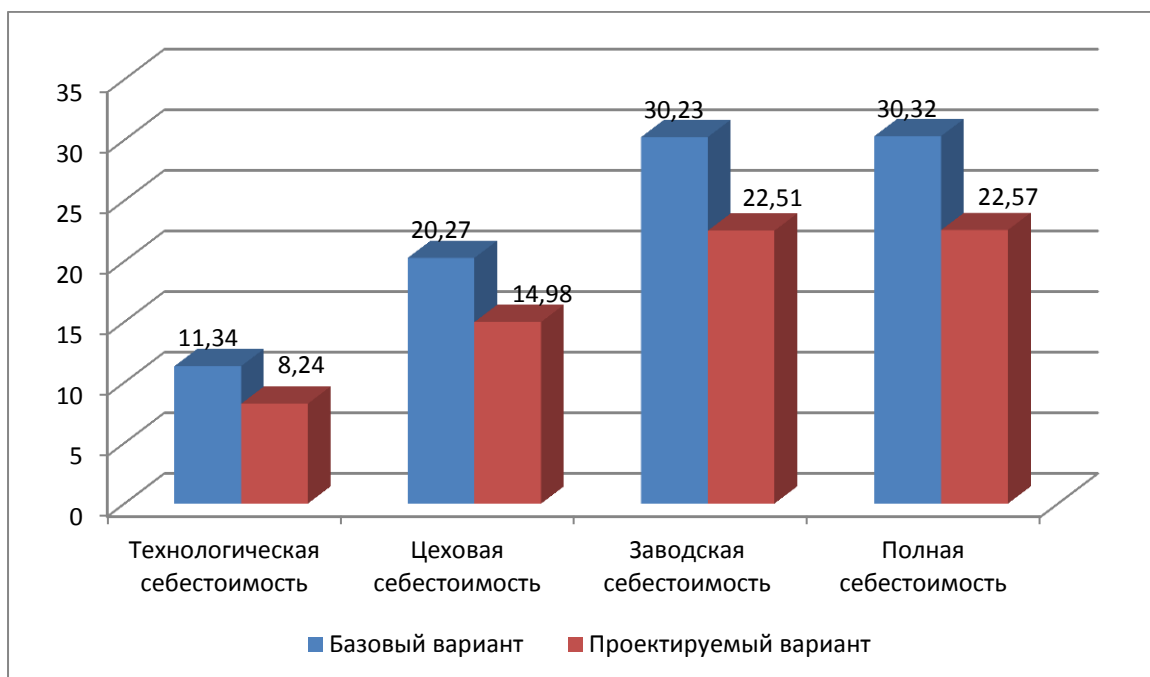


Рисунок 8 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Из рисунка 8, видно, что в проектируемом варианте, все указанные виды себестоимости имеют более низкие значения, чем в базовом варианте. Другими словами, замена инструмента, позволит снизить технологическую себестоимость на 27,3%, а полную себестоимость на 25,6%.

Чтобы принимать решение об эффективности предложенных мероприятий, необходимо знание величины капитальных вложений в проект. Учитывая то, что совершенствования касаются только замены инструмента, то капитальные вложения будут складываться из суммы затрат на проектирование, затрат на инструмент и величины оборотных средств в незавершенное производство, так как для выполнения анализируемой операции, применяется оборудование с числовым программным управлением EmcoTurn332MC. Долевое участие в формировании капитальных вложений представлено на рисунке 9.



Рисунок 9 – Доля затрат в общем объеме капитальных вложений, %

Представленные на рисунке 9 значения, позволяют сделать вывод о том, что больше всего на величину капитальных вложений оказывают затраты на проектирование совершенствований технологического процесса, так как составляют 93,6%.

Зная величины капитальных вложений и полной себестоимости можно провести экономическое обоснование целесообразности внедрения предложенных изменений по замене инструмента.

Для проведения таких расчетов необходимо последовательно определить следующие значения:

ожидаемая и чистая 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 17,29 руб., что, несомненно, является величиной положительной, не смотря на то что она относительно мала. Такое значение обосновывается фактически штучным выпуском вала, всего 10 штук, что и приводит к таким не значительным величинам при определении экономического эффекта. Капитальные вложения в проект окупятся в течении 4-х лет, что тоже является допустимым значением, на базе которого можно делать вывод об эффективности предложенных мероприятий.

Заключение

Спроектирован технологический процесс изготовления вала под подшипник руля в рамках студенческого проекта по проектированию и изготовлению гоночного болида проекта «Формула-студент». Первоначально была проанализирована конструкция данной детали с учетом условий ее работы и служебного назначения. Обоснованность технических требований, представленных на чертеже, была подтверждена анализом конструкции. Для условий единичного производства выбран экономичный способ получения заготовки из проката. Для уменьшения числа станков, задействованных в предложенной технологии, используется высокопроизводительный современный станок с ЧПУ, который обеспечивает концентрацию переходов и возможность предварительной и получистовой обработки всей детали на одном оборудовании. Технология включает в себя также использование группы шлифовальных станков для круглого наружного и внутреннего шлифования. Предусмотрены контрольно измерительные средства для пооперационного и окончательного комплексного контроля. При проектировании операций учитывается форма и особенности материала режущих пластин сборного инструмента. Для повышения производительности, надежности, точности обработки спроектировано механизированное зажимное станочное приспособление, которое обеспечивает необходимую точность установки и возможность концентрации переходов на токарной операции. С учетом современных стандартов и требований по охране труда и экологичности проанализирована предложенная технология и выбраны мероприятия, которые обеспечивают соответствие всем указанным нормативам и стандартам. Экономический раздел содержит расчет, который обосновывает правильность предложенных технологических изменений в спроектированном техпроцессе.

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. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
5. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
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. Зуев А. А. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов / А. А. Зуев. - 2-е изд., испр. и доп. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2003. - 496 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 491-492. - ISBN 5-8114-0470-0 : 175-90.

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. Михайлов А. В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 335 с. : ил. - Библиогр.: с. 332-335. - ISBN 978-5-94178-193-5. - 458-18.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.
15. 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.
16. . 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.
17. Станочные приспособления [Текст] : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с. : ил. - Библиогр.: с. 585. - Предм. указ.: с. 588-591.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

21. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. Г. Н. Мельникова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 640 с. : ил.

22. Технология машиностроения [Текст] : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского . - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 564 с. : ил. - Библиогр.: с. 559.

23. Abdel-Aal H. A., Nouari M., El Mansori M. Conceptual tribo-energetic analysis of cutting tool protective coating delamination in dry cutting of hard-to-cut aero engine alloys // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – vol. 36, 2008. - P. 213 – 225. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0837-3>

24. Adaskin A. M., Butrim V. N., Vereshchaka, A. S. Wear resistance of a coated hard-alloy tool in the machining of high-temperature chromium alloys // Russian Engineering Research. 2016. vol. 36, №10 – P. 867 – 871. - <https://doi.org/10.3103/S1068798X16100038>

25. Blinkov I. V., Volkhonskii, A. O., Anikin, V. N. Multilayer TiAlN/ZrNbN/CrN nanocoatings obtained by the Arc-PVD method for hard-alloy cutting tools // Russian Engineering Research. – P. 740 – 745, vol. 32, № 11. <https://doi.org/10.3103/S1068798X12110056>

26. Mukhopadhyay Akash, Patel S. K., Biswal B. B. Comparative Assessment On Machinability Aspects Of Aisi 4340 Alloy Steel Using Uncoated Carbide And Coated Cermet Inserts During Hard Turning // Arabian Journal for Science and Engineering. – vol. 41, №11, 2016. – P. 4531 – 4552. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2160-0>

27. Tsao C. C. An experiment study of hard coating and cutting fluid effect in milling aluminum alloy // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2007. – vol. 32 - P. 885 – 891/ <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0417-6>

Приложение А

Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дружб.															
Взам.															
Титул.										2 1					
Разработ.	Акобян В.А.														
Проверил	Козлов А.А.														
Утвердил	Люгинов Н.Ю.														
Н. контр.	Расторгуев Д.А.														
Вал															
M 01	Круг 28 ГОСТ 2590-88 / Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ					
M 02	09	кг	0,17	1	1	0,5	Круг	27x68	1						
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования		Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
A03	000 Заготовительная														
B04	Ленточно-отрезной станок 8Б545														
A05	005 4110 Токарная														
B06	38181Х Токарный центр ЕтсоТигт332МС														
A07	010 4110 Токарная														
B08	38181Х Токарный центр ЕтсоТигт332МС														
A09	015 5030 Закалка														
B10															
A11	020 4145 Торцешлифовальная														
B12	Круглошлифовальный станок 3М151														
A13	025 4131 Круглошлифовальная														
B14	381311 Круглошлифовальный станок 3М151														
A15	030 4132 Внутришлифовальная														
B16	381312 Внутришлифовальный 3А227П														
МК	Маршрутная карта														

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3															
Директ.															
Взам.															
Т.пол.															
														3	1
Разраб.	Акобян В.А.														
Проверил	Козлов А.А.														
Утвердил	Логоинов Н.Ю.														
Н. контр.	Рассторгуев Д.А.														
Наименование операции															
	4110 Токарная														
Материал	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71														
Твердость	кг	МД	0,17												
Вал		ЕВ												07	2
Профиль и размеры			24x68											МЗ	КОИД
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	шт.												1
Токарный центр	Emco Tint332MC	0,32	0,01	20	0,8										
P		Д или В	L	t	i	s	n	v							
O01	1. Установить и закрепить заготовку														
T02	Патрон 7100-0026 ГОСТ 2675-80														
O03															
O04	1. Точить наружную поверхность														
T05	PDINR 2020P15 Резец T5K10 ТУ 2-035-892-82														
P06		1	21,8	43	1,5	1	0,5	1710	14						
T07	2. Точить наружную поверхность														
T08	PDINR 2020P15 Резец T5K10 ТУ 2-035-892-82														
O09		1	21,8	43	0,4	1	0,2	3121	208						
M10	3. Точить канавку														
T11	035-2126-1181 Резец T14K8 OCT 2И110-84														
T12		1	21,8	43	0,4	1	0,2	3121	208						
T13	4. Раскрепить и нять заготовку														
OK	Операционная карта														

Продолжение приложения А

ДУОП.		ГОСТ 3.1105-84 ФОРМЕ											
ВЗАМ.													
ПЛОП.													
												3	
												005	

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

The drawing shows a stepped shaft with three distinct diameters. From left to right, the diameters are $\phi 17,8_{-0,33}$, $\phi 21,8_{-0,33}$, and $\phi 17,8_{-0,33}$. The lengths of these sections are $25_{-0,25}$, $53,5_{-0,21}$, and $69,5_{-0,25}$ respectively. The total length of the shaft is $148,0_{-0,25}$. A surface finish symbol $\sqrt{Ra\ 12,5}$ is indicated. A coordinate system with Z_0 and X_0 axes is shown at the left end.

КЭ Карта эскизов

Продолжение приложения А

