

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 кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления привода болида «Формула
Студент»

Студент	<u>В.В. Капитуров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Тема работы «Технологический процесс изготовления привода болида «Формула студент». Основная задача при разработке технологии по изготовлению вала привода в данной работе – обеспечить технические требования, сформулированные в чертеже. Разработка конструкции вала выполнена с использованием 3D сборочного чертежа.

Вал привода относится к ходовой части автомобиля и имеет высокие технические требования. Конструктивная особенность вала привода – наличие шлицевых поверхностей с двух сторон и очень высокие требования по шероховатости из-за защитных чехлов.

Технология спроектирована для условий единичного производства в рамках проекта «Формула-студент». Из-за этого все оборудование стандартное и универсальное. Оснащение также стандартизированное. Расчеты выполнены по максимально упрощенным методикам, включая выбор заготовки, расчет припуска, режимов резания и нормирования.

Для проведения самой ответственной операции – шлицевой обработки спроектирована технологическая оснастка. Для закрепления вала используется цанговый патрон с механизированным приводом зажима. Станок специализированный и используется для именно таких операций. Формирование профиля шлицев проводится методом обката при помощи червячной фрезы.

С учетом современных требований по защите окружающей среды методы обработки, оснащение, методы работы были проверены на соответствии по экологичность, а также по требованиям техники безопасности. Разработаны и предложены мероприятия по снижению или устранению вредных и опасных факторов процесса.

Проектирование технологии сопровождается экономическими расчетами, которые подтверждают корректность выбранных технических решений.

ANNOTATION

The theme of the work "The technological process of manufacturing the drive of a car" Formula - Student ". The main task in the development of technology for the manufacture of the drive shaft in this work is to provide the technical requirements formulated in the drawing. The design of the shaft was made using a 3D assembly drawing.

The drive shaft belongs to the car chassis and has high technical requirements. The design feature of the drive shaft is the presence of splined surfaces on both sides and very high roughness requirements due to protective covers.

The technology was designed for the conditions of a single production in the framework of the Formula Student project. Because of this, all equipment is standard and versatile. The equipment is also standardized. The calculations were carried out according to the most simplified methods, including the selection of the workpiece, the calculation of the allowance, cutting and normalization conditions.

For carrying out the most important operation - spline processing, technological equipment has been designed. To fasten the shaft, a collet chuck with a mechanized clamping drive is used. The machine is specialized and is used for just such operations. The formation of the profile of the splines is carried out by the rolling method using a worm cutter.

Taking into account modern requirements for environmental protection, the processing methods, equipment, and working methods were tested for compliance with environmental friendliness and safety requirements. Developed and proposed measures to reduce or eliminate the harmful and dangerous factors of the process.

Technology design is accompanied by economic calculations that confirm the correctness of the chosen technical solutions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных	6
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали	7
1.3 Анализ технологичности конструкции детали	8
1.3 Технологичность заготовки	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки	11
2.2 Обоснование выбора по обработке поверхностей.....	13
2.3 Определение припусков и проектирование заготовки.....	14
2.4 Разработка технологического маршрута	16
2.5 Выбор средств технологического оснащения.....	18
2.6 Разработка технологических операций	20
3 Проектирование специальных средств оснащения	26
3.1 Проектирование приспособления	26
3.2. Расчет и проектирование режущего инструмента.....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	39
4.6 Выводы по разделу	40
5 Экономическая эффективность работы.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	47
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	60

ВВЕДЕНИЕ

В рамках современной инженерной школы большое внимание уделяется различным проектам связанным с конструированием и изготовлением высокотехнологических изделий машиностроения, выполняемых силами студенческих конструкторских бюро и мастерских. Примером такого студенческого сообщества является проект «Формула - студент» основная задача в рамках которого – подготовить гоночный болид. Данный автомобиль выступает в соревнованиях связанных не только с гонками на время, но и оценкой уровня выполненных конструкторских решений в рамках этого проекта, а также стоимость их реализации. И в данном случае определяющим фактором является технология изготовления комплектующих болида. Наряду с унификацией, использованием готовых конструкторских элементов, часто требуется использование специальных деталей. В работе рассматривается технологический процесс изготовления как раз такой детали – вала привода. Он имеет размеры, которые не дают возможность использовать существующие модификации.

Деталь очень ответственная. Она влияет как на ходовые качества болида, его управляемость, надежность работы и безопасность. В работе разрабатывается технология изготовления вала привода, который изготавливается ограниченной партией (10 штук), что переводит технологию в разряд единичных, характерных для опытно-конструкторского производства.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Задача раздела – выполнить формулировку и анализ технических требований к валу с учетом годового объема выпуска.

Ходовая часть болида «Формула – студент» включает вал привода под номером 5 (рисунок 1.1). Вращение от дифференциала главной передачи к передним ведущим колесам болида реализуется за счет двух приводных валов 5. Внешние концы у таких валов имеют шлицы, по которым они контактируют с шлицами в ступицах колес болида. Фиксируют вал в ступице гайкой. Внутренние концы валов также имеют шлицы, зацепляющиеся со шлицами шестерен дифференциала. Из-за несимметричности компоновки главной передачи левый приводной вал по длине меньше, чем правый.

Обычно валы привода получают штамповкой или ковкой. Для обеспечения эксплуатационных свойств вал привода подвергают термообработке.

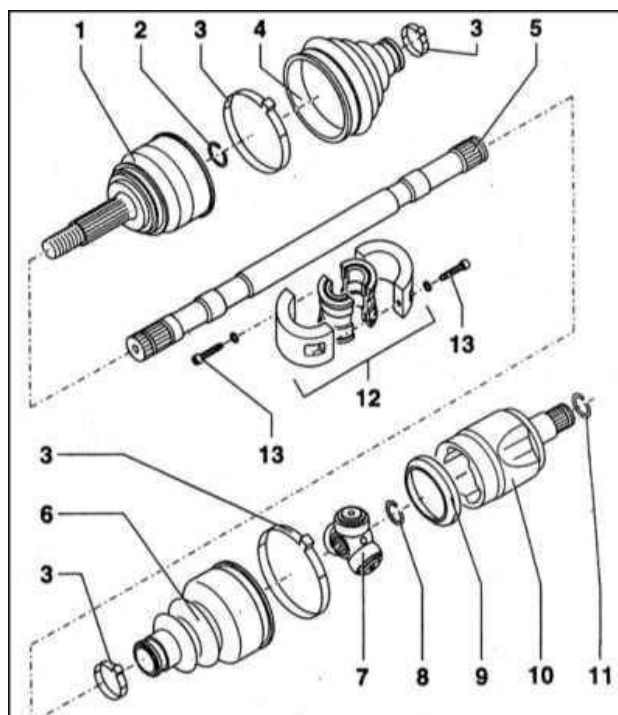
Шарниры 1 равных угловых скоростей, соединенные с валами привода 5 нужны для обеспечения плавности их вращения при произвольном угловом положении колес при поворотах и наезде на препятствия.

Условия работы вала следующие: нагрузка – высокая, реверсивная, динамическая. Требуется износостойкость шлицевых поверхностей, маленькая шероховатость шеек под защитные кожухи 4 и 6 для обеспечения их долговечности.

Поскольку деталь работает на скручивание как торсион используем материал сталь 45ХНМФА, которая после закалки имеет соответствующую твердость [1]. Химический состав (таблица 1.1) и все основные свойства материала для стали 45ХНМФА по ГОСТ1050-88 в таблице 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав 45ХНМФА

Элемент	Si	Mn	V	Cu, не более	Ni	S, не более	C	P, не более	Cr
%	0.17-0.37	0.50-0.80	0.1-0.18	0.3	1.3-1.8	0.025	0.42-0.50	0.025	0,8-1,1



1 - наружный шарнир равных угловых скоростей; 2, 8, 11 - кольцо стопорное; 3 – хомут; 4,6 - защитный кожух; 5 - вал приводной; 7 - крестовина; 9 - кольцо упорное; 10 - обойма наружная; 12 - демпфер вала приводного; 13 - болт крепления

Рисунок 1.1 – Схема установки приводного вала

1.2 Классификация поверхностей детали

Цель классификации поверхностей детали – выявить, какие из них имеют определяющее значение для качественного выполнения деталью своего служебного назначения. На рисунке 1.2 показан эскиз вала приводного с номерами поверхностей.

Таблица 1.2 - Механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/м ²	Твердость по HRC
720	830	24	68	185	50-58

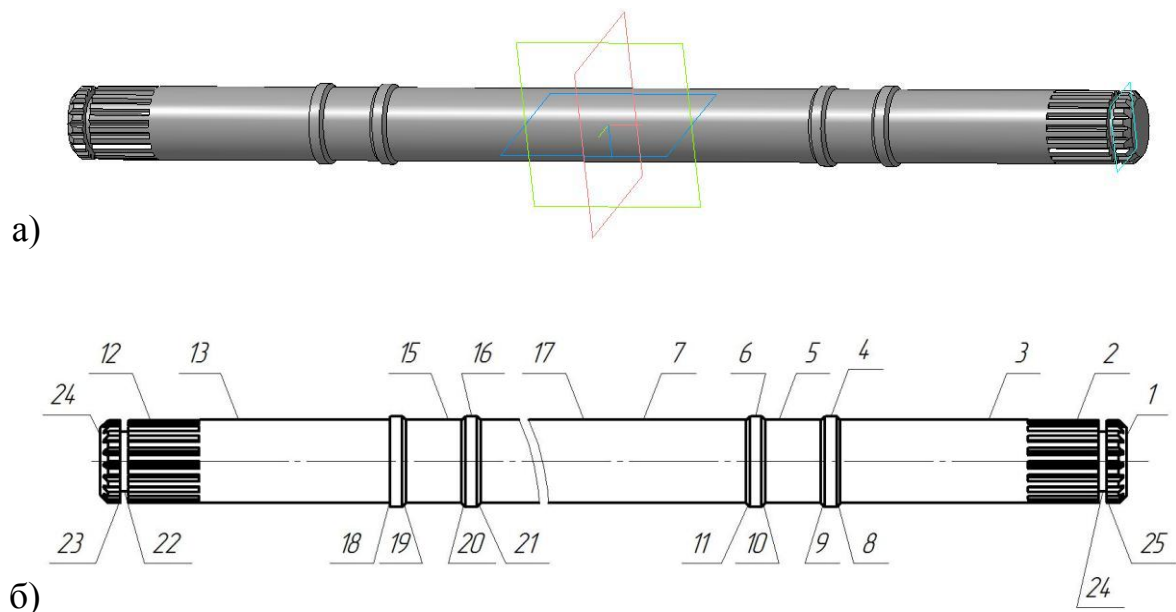


Рисунок 1.2 – Вал быстросъемный: а – 3D модель; б – нумерация поверхностей

Вал имеет поверхности исполнительные – шлицы 2 и 12 (обозначены наружная поверхность) с двух сторон. Эти же поверхности основные конструкторские базы. Фаски 19, 20, 9, 10 с шейками 5 и 15 служат для установки кольца защитного чехла и являются вспомогательными базами. В канавки 22, 23 и 24, 25 входят стопорные кольца и они также относятся к категории вспомогательных баз.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Цель анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции. Все требования, указанные на чертеже, минимально необходимые по условиям работы и нагружения.

По требованиям поверхности группируются на крайние торцы, шлицы и прилегающие шейки, группа фасок с шейкой между ними, центральная шейка, центровые отверстия с двух сторон.

Шлицы эвольвентные. Центрирование в шлицевом соединении по наружному диаметру по посадке H7/g6 и по боковой поверхности шлицев E9/h9 по ГОСТ 6033-80. Шероховатость по эвольвенте Ra 1,25 мкм. Прилегающая шейка обрабатывается по тем же требованиям.

Группа фасок с шейкой между ними по 8 качеству с Ra 0,63 мкм. Центральная шейка, а также канавки под стопорные кольца имеют 12 квалитет с Ra 12,5 мкм.

Отверстия получаются по 9 качеству и Ra 2,5 мкм.

1.3 Технологичность заготовки

Чертеж вала привода построен по 3D модели. Требования по точности размеров определяются необходимыми посадками в соединениях и не являются очень высокими. Вал имеет простую конфигурацию. Особенностью вала являются двух сторонние эвольвентные шлицевые поверхности.

Канавка под стопорное кольцо имеет ширину 2 мм, подходящую под ширину отрезных резцов.

Многочисленные фаски в середине вала унифицированы по размерам. Пояски между ними имеют высокие требования по шероховатости при средних требованиях по точности.

По шероховатости требуется использование отделочных методов уровня чистового шлифования.

Есть свободный доступ для инструментов и контрольно-измерительных средств. Это дает возможность применять высокопроизводительные методы с использованием стандартных средств оснащения.

Анализ по конструктивным элементам вала показывает его не полную технологичность из-за невысокой конструктивной жесткости. Длина составляет около 15 диаметров, что относит этот вала к виду маложестких. Для их установки необходимо использовать специальные опоры,

повышающие жесткость схемы установки. Есть ограничения по режимам, как силовые, так и скоростные. Но поскольку деталь была задана такой конфигурации и размеров, учтем эту особенность.

Вал привода изготавливается из легированной стали 45ХНМФА по ГОСТ1050-88, которая является дефицитной и труднообрабатываемой. Исходная заготовка для вала малой жесткости, небольшого диаметра для условий единичного типа производства может получаться только из горячекатанного проката. Все поверхности вала поэтому потребуют обработки.

По технологичности обработки резанием - коэффициент обрабатываемости стали резанием твердосплавным инструментом $K_{об}=0,9$, для быстрорежущих сплавов $K_{об}=0,8$ [1] из-за высоких прочностных параметров. В целом по технологическим свойствам вал нетехнологичный.

Тип производства для опытно-конструкторского производства однозначно относится к единичному производству. Масса вала автоматически определена при построении модели вала и равна $G=0,85$ кг.

Технология изготовления деталей в единичном производстве, как правило, не разрабатывается подробно. Обычно это маршрутная технология, которая реализуется на рабочих местах конкретными исполнителями в соответствии со своей квалификацией. Но для проекта «Формула-студент» требуется не только представление конструкторских разработок собственно самого гоночного автомобиля. Также необходимо предоставлять информацию по изготовлению элементов болида. Также при реализации технологии используется стандартное оборудование и оснащение, так как из-за годовой партии в несколько деталей проектирование и изготовление специальных средств оснащения не рационально.

В нашем процессе для лимитирующей операции по нарезке эвольвентных шлицев используем зубонарезной инструмент – червячную фрезу.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

При выборе способа получения заготовки вала привода, как указывалось выше, главный фактор тип производства - единичный. Все остальные факторы имеют второстепенное значение (материал, конфигурация детали).

Заготовка из сортового горячекатаного проката может получаться с учетом прибавления припуска на сторону на наибольшую ступень диаметром 23 мм. Для определения величины припуска необходимо определится с переходами по ее обработке. Поскольку поверхность свободная и имеет минимальные требования по точности и шероховатости достаточно одного черногого перехода по обтачиванию. Формировать ее на заготовке невозможно из-за слишком больших допусков (например для диаметров в диапазоне от 25 до 30 мм отклонения составят: верхнее 0,4 мм, нижнее 0,7 мм).

На рисунке 2.1 приведен контур детали вала привода внутри заготовки из проката. Напуски в заготовке из проката относительно не большие.

Масса прутка определяется по объему цилиндра и составляет 1,24 кг. Коэффициент использования материала:

$$K_M = \frac{q}{Q}, \quad (2.1)$$

где K_M – коэффициент использования материала;

Q - масса заготовки, $Q = 0,85$ кг.

Проведем расчет стоимости заготовки вала привода из проката с учетом отрезки и снятия напусков. Суммарная стоимость проката C_{3AG} равна:

$$C_{3AG} = S_{II} + \sum C_{o.3}, \quad (2.2)$$

где S_H – цена за материал 45ХНМФА, руб;

$\sum C_{o.3}$ - суммарные расходы на необходимую правку прутка и отрезку.

Первое слагаемое равно:

$$S_H = Q \cdot S, \quad (2.3)$$

где S – цена за килограмм стали 45ХНМФА как горячекатаного прутка, $S=20,74$ руб/кг [3].

$$Q = \pi \frac{0,025^2}{4} 0,325 \cdot 7800 = 1,24 \text{ кг},$$

$$S_H = 20,74 \cdot 1,24 = 25,7 \text{ руб}.$$

Отрезка стоит [3]:

$$C_{o.3} = \frac{C_{MEX} \cdot T_{ум}}{60 \cdot 100} \text{ руб.}, \quad (2.4)$$

где C_{MEX} - удельные расходы на отрезном станке – $C_{MEX}=6,6$ руб/час;

$T_{ум}$ – штучное время на отрезке, мин. Она равно:

$$T_{ум} = \frac{d}{S_M}, \quad (2.5)$$

где d – диаметральный размер заготовки вала, мм; $d = 25$ мм;

S_M – минутная подача фрезы отрезной, $S_M=100$ мм/мин.

$$T_{ум} = \frac{25}{100} = 0,25 \text{ мин},$$

$$C_{o.3} = \frac{660 \cdot 0,25}{60 \cdot 100} = 0,03 \text{ руб}.$$

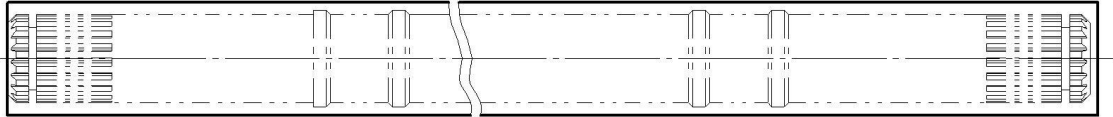


Рисунок 2.1 - Схемы заготовки из проката

Затраты на токарную обработку при удалении напусков:

$$C_T = \frac{q}{K_{ИМ}} \cdot [C_{ЗАГ} + C_{МЕХ} - C_{ОТХ}] \cdot K_{ИМ} \quad (2.6)$$

Коэффициенты находятся из [4].

$$C_T = \frac{0,85}{0,69} \cdot [5,7 + 0,03 + 6,6 - 1,4] \cdot (-0,69) = 34 \text{ руб.}$$

Недостаток проката то, что K_M очень маленький:

$$K_M = \frac{q}{Q_{заг}} = \frac{0,85}{1,24} = 0,69 .$$

Для проката 69% исходной заготовки уходит в отходы. Но учитывая единственный тип производства и очень маленькую массу вала это не критично.

2.2 Обоснование выбора по обработке поверхностей

Для ограниченного набора видов поверхностей: торцовые плоскости, торцовые буртики, фаски, канавки, цилиндрическая поверхность и эвольвентные шлицы, методы обработки выбираем по [5], учитывая их точность, а также шероховатость по группам поверхностей.

В переходах предусматриваем закалку для обеспечения заданной высокой твердости.

В соответствии с таблицами [6] сгруппируем необходимые переходы в по типам поверхностей детали.

Для крайних торцов – точение черновое подрезным резцом.

Для промежуточных буртиков с перпендикулярной плоскостью – подрезка черновая и чистовая упорным резцом. Для фасок – переходы те же, только выполняются контурным резцом. Также добавляется полировка войлочным кругом для достижения заданной шероховатости.

Для шеек и наружной поверхности шлицев – протачивание черновое и чистовое, шлифование однократное.

Для шлицевых поверхностей – шейка протачивается начерно и начисто. Затем шлицефрезерование методом обката червячной фрезой, затем шлифование червячным абразивным кругом.

Для свободных поверхностей - черновая и чистовая обточка.

Отверстия сверлим, а после термообработки – правим на токарном станке для восстановления формы.

Между лезвийным этапом и абразивным – закалка с отпуском для обеспечения твердости при сохранении ударных вязкостных свойств.

2.3 Определение припусков и проектирование заготовки

Припуск на самые точные поверхности 3 и 13 диаметром $21_{-0,020}^{-0,007}$ рассчитаем аналитическим методом по переходу [7]. Результаты расчета будем заносить в таблицу 2.1.

Минимальный припуск на обработку внутренних цилиндрических поверхностей определяется по формуле [7]:

$$2z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta \varepsilon_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.7)$$

где $R_{z_{i-1}}$ - высота неровностей профиля, полученная на предшествующем переходе, мкм;

h_{i-1} - глубина дефектного поверхностного слоя, полученная на предшествующем переходе (наклепанный слой), мкм;

$\Delta\varepsilon_{u-1}$ - суммарное отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно технологических баз, полученное на предшествующем переходе, мкм;

ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Здесь и далее индекс i к данному переходу $i-1$ - к предыдущему переходу; $i+1$ - к последующему переходу.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,13 + \sqrt{0,132^2 + 0,12^2} = 0,3 \text{ мм},$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,09 + \sqrt{0,06^2 + 0,03^2} = 0,12 \text{ мм},$$

$$Z_{3\min} = a_{70} + \sqrt{\Delta_{70}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,055 + \sqrt{0,04^2 + 0,01^2} = 0,068 \text{ мм},$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,04 + \sqrt{0,03^2 + 0,01^2} = 0,053 \text{ мм}.$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле [7]:

$$Z_{i\max} = D_{\min}^{i-1} - D_{\max}^i, \quad (2.8)$$

Предельный размер для каждого перехода по формулам:

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}, \quad (2.9)$$

$$D_{(i)\max} = D_{(i-1)\max} - 2 \cdot Z_{i\min}, \quad (2.10)$$

где $D_{(i)\max}$, $D_{(i-1)\max}$ - максимальные размеры на данном и предыдущем переходах, мм;

TD_{i-1} - операционный допуск, мм.

Так как при сравнительном экономическом анализе выбора метода получения заготовки была принята заготовка из проката, то необходимость

расчета припусков на наружные поверхности отпадает. Выбор методов обработки отдельных поверхностей зависит от точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

Таблица 2.1 - Расчет припусков и размеров

В миллиметрах

Технологический переход	Элементы припуска				Допуск	Диаметр		Припуск	
	Rz	T	ρ	ϵ		min	max	min	max
Прокат	0,06	0,07	0,13	-	2,4	22,1	24,5	-	-
Точение первое	0,05	0,04	0,06	0,12	0,25	21,48	21,73	0,6	2,7
Точение второе	0,03	0,02	0,04	0,03	0,05	21,24	21,30	0,24	0,43
Шлифование первое	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	21,098	21,128	0,137	0,167
Шлифование второе	0,01	0,01	0,02	0,01	0,013	20,993	20,98	0,105	0,122

Для заготовки из проката принимаем ближайший диаметр прутка 25 мм. Припуск на резку заготовки принимаем равным 3 мм. Припуск на механическую обработку торцов – 2,5 мм.

2.4 Разработка технологического маршрута

В качестве черновых технологических баз, используемых при первой установке заготовки, выбираем наружную цилиндрическую поверхность 4,6, 16 проката и последовательно торцы 1 и 24. Теоретическая схема базирования при первом установе приведена в плане обработки для операции 005.

Опорной базой (опорная точка 5) является торец 24, двойной направляющей (точки 1-4) – ось цилиндрической поверхности 4, 6, 16, опорная точка 6 расположена на поверхности 4, 6, 16. Технологическими базами на установе Б операции 005 цилиндрическая поверхность остается базой 4, меняется явная база – поверхность 1. На токарной черновой и чистовой схема базирования по шейке прилегающей к базовому торцу с поджимом задним центром. Для повышения жесткости заготовки в середине вала ставится люнет. Тоже самое на шлицефрезеровании, круглом

шлифовании и шлицешлифовании. По [8] на основе типового технологического процесса изготовления включаем в технологический маршрут следующие операции:

- 000 Заготовительная;
- 005 Токарная (обработка чистовых баз);
- 010 Токарная черновая (снятие напусков);
- 015 Термообработка (стабилизирующая);
- 020 Токарная чистовая;
- 025 Шлицефрезерная;
- 030 Термообработка;
- 035 Токарная (правка центров);
- 040 Круглошлифовальная;
- 045 Круглошлифовальная;
- 050 Шлицешлифовальная;
- 055 Моечная;
- 060 Контрольная.

Содержание операций по переходам показано в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Маршрут по обработке вала привода

Номер операции	Наименование операции	Модель станка	Этапы операции	Содержание
1	2	3	4	5
000	Заготовительная	Круглопильный отрезной	-	Отрезка
005	Токарная	Токарно-винторезный 1А616	Установ А	Подрезать торец 1 Центровать отверстие 20
			Установ Б	Подрезать торец 24 Центровать отверстие 20
010	Токарная	Токарно-револьверный 16К20Ф3	Установ А	Точить начерно поверхности 3-11, 15,16,19,20
			Установ Б	Точить начерно поверхности 13,14,18 Точить начисто 5, 9, 16, 6, 7, 8
015	Термическая	Нормализация	-	-
020	Токарная	Токарно-револьверный	Установ А	Точить начисто 3-10, 24,25

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
		16К20Ф3		
			Установ Б	Точить начисто 13-23,11
025	Шлицерезерная	Шлицефрезерный 5340В		Фрезеровать шлицы
030	ТО			Закалка
035	Токарная	Токарно-винторезный 1А616	Установ А	Править отверстие 20
			Установ Б	Править отверстие 20
040	Торцекруглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М163	Установ А, Б	Шлифовать поверхности 3,8 и 13,18
045	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М163	-	Шлифовать начисто 9,10 и 15,19,20
050	Шлицешлифовальная	Шлицешлифовальный 3451В	-	Шлифовать шлицы
055	Моечная	Моечная	-	Очистка детали
060	Контрольная	Стенд	-	Контроль комплексный

Основные операции технологического маршрута представлены на плане изготовления, а также схемы базирования, выбранные в соответствии с принципом единства и постоянства баз и технические пооперационные требования.

2.5 Выбор средств технологического оснащения

При выборе средств технологического оснащения пользуемся рекомендациями [8].

На заготовительном этапе на станке 8Г662САУ при закреплении прутка в тиски 7300-0244 ГОСТ 21168-75 проводится отрезка пилой 3420-0355 Пила ВК6 ГОСТ 9769-79.

005, 010, 020 операции – токарная по обработке баз, токарная черновая и чистовая. Станок для 005 операции токарно-винторезный 1А616, для 010 и 020 - токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3. Для зажима заготовки приспособление – трех кулачковый самоцентрирующий патрон 7102-0011

ГОСТ 24351-80. Для подрезки резец - РЭО80-00 Резец Т15К6 ТУ 2-035-811-81. Для центровки - 2317-0033 Сверло диаметром 4 мм Р6М5 ГОСТ 14952-75.

Для чернового обтачивания на 010 операции приспособления: центр упорный ГОСТ 13214-79; трех кулачковый самоцентрирующий патрон ГОСТ 2571-71; Люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75. Инструменты – резец подрезной упорный PCLNR 2020K12 Резец Т5К10 ТУ 2-035-892-82. Измерительные средства – Штангенциркуль ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89.

Для чистового обтачивания: приспособления: центр упорный ГОСТ 13214-79; трех кулачковый самоцентрирующий патрон ГОСТ 2571-71; Люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75. Инструменты – резец подрезной упорный PCLNR 2020K12 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82. Резец канавочный для обработки канавок 2130-0371 Резец Р18 ГОСТ 18874-73. Измерительные средства – Штангенциркуль ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89.

На 025 фрезерной используется приспособления: патрон цанговый (проектируется в разделе 3); Центр 7032-0107 ГОСТ 2575-79. Инструмент – фреза червячная $m=1$ мм с диаметром 63 мм Р6М5 ГОСТ 17025-71. Контроль: штангенциркуль ШЦ – I – 200 – 0,05 ГОСТ 166-80.

На 035 правке центров используют токарный станок 1а616 как и на 005 операции с патроном 7102-0011 ГОСТ 24351-80. Правка при помощи центра Центр упорный с твердосплавным наконечником DE2. Микрометр МР 75 ГОСТ 4381-87.

Для 040, 045 круглошлифовальных используют круглошлифовальный полуавтомат 3М163. Оснащение - патрон поводковый 7108-0022 ГОСТ 2571-71 с центром упорным 7032-0102 ГОСТ 2575-79. Инструмент 3 320x30x170 24А F60 L 7 V ГОСТ 2323-2003 и Круг полировальный 300×20×127 14А 25-Н М L 25 м/с 1 кл. ГОСТ Р 51967-2002.

Для 040 шлицешлифовальной операции станок 3451В с патроном поводковым 7108-0022 ГОСТ 2571-71 с центром упорным 7032-0102 ГОСТ 2575-79. Инструмент 3 250x20x170 24А F60 N 8 V ГОСТ 2323-2003.

2.6 Разработка технологических операций

Расчетно – аналитическим способом рассчитываем режимы резания на фрезерную и шлифовальную операции, на остальные назначаются табличные значения. Расчет ведется по методике, изложенной в [16].

Рассчитаем режимы резания на шлицефрезерование методом обката на 025 операции. Глубина фрезерования t при обработке пазов шлицев равна глубине паза 2 мм. Подача на один зуб фрезы выбирается, в зависимости от глубины фрезерования t и диаметра фрезы, по [16]: $S_z=0,08$ мм/зуб. Скорость резания фрезы определяется по следующей формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (2.11)$$

где коэффициенты $C_v=68,5$; $m=0,2$; $x=0,3$; $y=0,2$; $u=0,1$; $p=0,1$; $q=0,25$;

B – ширина фрезерования, $B=1,25$ мм;

z – число зубьев фрезы, $z=12$;

D – диаметр фрезы, $D=63$ мм;

K_v - поправочный параметр для условий фрезерования шлицев, $K_v=0,91$.

$$V = \frac{68,5 \cdot 63^{0,25}}{90^{0,2} \cdot 1^{0,3} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 1,25^{0,1} \cdot 12^{0,1}} \cdot 0,91 = 90 \text{ м/мин.}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.12)$$

Обороты фрезы:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.13)$$

Подставим ранее найденные значения в формулу и получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 63} = 456 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot z \cdot n, \quad (2.14)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,08 \cdot 12 \cdot 456 = 438 \text{ мм/мин.}$$

Окружная сила при зубофрезеровании:

$$P_z = 10 \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_p, \quad (2.15)$$

где C_p , x , y , u , q , ω – коэффициенты, $C_p=12,5$; $x=0,85$; $y=0,75$; $u=1,0$; $\omega=0,13$; $q=0,73$;

K_p – поправочный коэффициент на качество поверхности вала, $K_p=0,96$.

$$P_z = 10 \frac{261 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1,25^{1,1} \cdot 12}{63^{1,1} \cdot 438^{0,1}} \cdot 0,96 = 58 \text{ Н.}$$

Крутящий момент при фрезеровании:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}, \quad (2.16)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{58 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 18 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Мощность фрезерования составит:

$$N_p = \frac{58 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

$$N_p \leq N_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{см}}, \quad (2.17)$$

где $N_{\text{э}}$ – мощность электродвигателя привода станка 5304В, $N_{\text{э}}=5$ кВт;

$\eta_{\text{см}}$ – КПД станка, $\eta_{\text{ст}}=0,8$.

$$0,1 < 5 \cdot 0,8 = 4.$$

Выполним нормирование спроектированной операции:

$$T_{\text{ит}} = T_o + T_{\text{с}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} + T_{\text{орг}}, \text{ мин.} \quad (2.18)$$

где T_o - основное время, мин;

$T_{\text{с}}$ - вспомогательное время, мин;

$T_{\text{обс}}$ - время технического обслуживания, мин;

$T_{\text{отд}}$ - время перерывов, мин;

$T_{\text{орг}}$ - время организационного обслуживания, мин.

Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} z, \text{ мин} \quad (2.19)$$

где L – длина обработки, включая врезание фрезы $y=11$ мм, перебег $\Delta = 3$ мм;

z – число нарезаемых зубьев. Определяем основное время:

$$T_o = 2 \frac{(25 + 11 + 3)}{0,08 \cdot 12 \cdot 438} 18 = 3,4 \text{ мин.}$$

$$T_{\epsilon} = (T_{yc} + T_{yn} + T_{из})k, \quad (2.20)$$

где T_{yc} - время на три установку вала, мин.;

T_{yn} - время на управление станком (включение – выключение), мин.;

$T_{из}$ - время отведенное на измерения, мин;

k – поправочный коэффициент для единичного производства.

Включить – выключить $T_{yn} = 0,02$ мин.

Время на установку и зажим заготовки: $T_{yc} = 0,15$ мин.

Время на измерение: $T_{из} = 0,2$ мин..

Тогда $T_{\epsilon} = (0,02 + 0,15 + 0,2) \cdot 1,85 = 0,7$ мин.

Время отдыха по [17]

$$T_{отд} = 0,05\% (T_{он}) \quad (2.21)$$

$$T_{он} = 3,4 + 0,7 = 4,1 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 0,05 \cdot 4,1 = 0,2 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места по [17]:

$$T_{обс.орг} = 0,06\% \left(T_{он} \right) = 0,06 \cdot 4,1 = 0,3 \text{ мин.} \quad (2.22)$$

Тогда штучное время на операцию:

$$T_{шт} = 4,1 + 0,2 + 0,3 = 4,6 \text{ мин.}$$

На шлифовальной 040 операции определим режимы резания. Ширина выбранного шлифовального круга: $B=20$ мм.

Режимы обработки следующие [17]: $t = 0,05$ мм, продольная подача - $S_{пр} = 0,4 \cdot V = 0,4 \cdot 20 = 8$ мм/об.

Скорость вращения детали: $V_d = 20$ м / мин.

Расчетная частота вращения детали:

$$n_d = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 21} = 318 \text{ об / мин ,}$$

с бесступенчатым регулированием. Скорость вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{60000 \cdot 30}{3,14 \cdot 300} = 1910 \text{ об / мин.}$$

Эффективная мощность, кВт:

$$N = C_N \cdot V_d^r \cdot S_{пр}^y \cdot t^x \cdot d^q = 0,36 \cdot 20^{0,35} \cdot 8^{0,4} \cdot 0,02^{0,4} \cdot 300^{0,3} = 2,7 \text{ кВт.}$$

Основное время при шлифовании:

$$T_o = 3 \frac{(75+5) \cdot 2}{8 \cdot 318} 1,2 = 0,3 \text{ мин.}$$

Включить – выключить $T_{yn} = 0,02$ мин.

Время на установку и зажим заготовки: $T_{yc} = 0,15 + 0,024 = 0,17$ мин.

Время на измерение: $T_{из} = 0,12$ мин.

Тогда $T_g = (0,02 + 0,17 + 0,12) 1,75 = 0,54$ мин.

$$T_{отд} = 0,05\% (T_{он})$$

$$T_{он} = 0,3 + 0,54 = 0,84 \text{ мин .}$$

$$T_{отд} = 0,05 \cdot 0,84 = 0,04 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{обс.орг}} = 0,06\% \cdot C_o = 0,06 \cdot 0,84 = 0,05 \text{ мин.}$$

И штучное время на операцию:

$$T_{\text{шт}} = 0,3 + 0,54 + 0,04 + 0,05 = 0,93 \text{ мин.}$$

Рассчитанные и спроектированные операции вынесены на наладки, представленные на листах графической части.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование приспособления

Для 025 фрезерной операции по шлицевому фрезерованию методом обката спроектируем цанговый патрон. при зажиме по центральной шейке и поджмим задним центром он обеспечит высокую точность установки при высокой жесткости технологической системы. Люнет не понадобится.

При обработке пазов заготовку вала все время поворачивают. Для этого на станке используется кинематическая цепь обката, которая согласует круговую подачу вала, рабочее движение фрезы и продольную подачу инструмента. Операционные параметры приведены на рисунке 3.1.

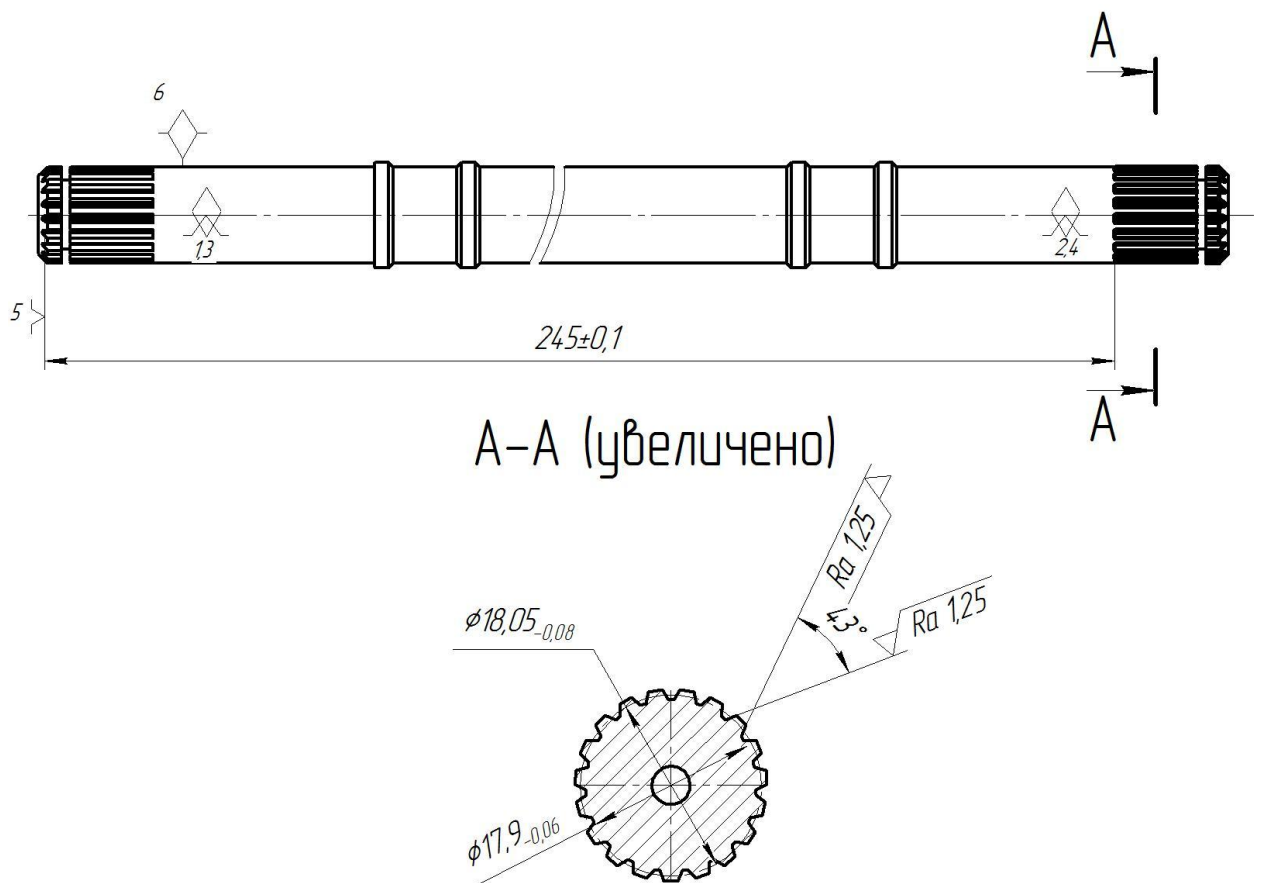


Рисунок 3.1 –Операционный эскиз

Силовые расчеты проведены в разделе 2. Проектирование выполняем по методикам [18, 19].

Величина окружной силы при фрезеровании 29 Н. Для повышения жесткости установки заготовку поджимаем задним центром, установленном в пиноли, которая закрепляется на столе станка 5340В.

При фрезеровании на заготовку действуют окружная сила, которая стремится протолкнуть ее в цанге. Противодействует этому упор в буртик торцом цанги.

Рассчитаем противодействие составляющей силе фрезерования P_v , которая стремится вывернуть вал привода из зажима. Если силы зажима не будет, вся нагрузка пойдет на центр, который имеет недостаточно высокую жесткость для восприятия этой нагрузки в данной схеме установки.

Схему для расчета примем как для консольной схемы (рисунок 3.2).

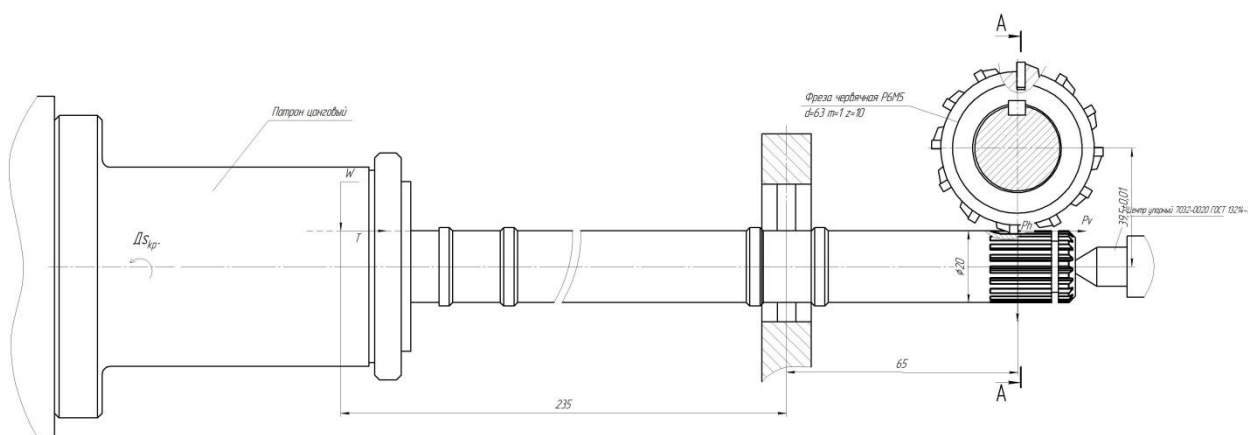


Рисунок 3.2 – Схема по расчету силы зажима

Составим два уравнения. Первое для сдвигающей силы P_v , которой противодействует сила трения T . Тогда $T=0,9 \cdot 58=52$ Н. Тогда с учетом коэффициента трения $f=0,15$ сила зажима пересчитывается как $W=T/f=52/0,15=347$ Н.

Второе уравнение для момента от составляющей P_h , которая выкручивает вал привода из цанги относительно опорной точки в люнете (поджим центра не учитываем вследствие его ограниченной жесткости) на плече 65 мм, а сила зажима W в месте контакта противодействует на плече 235 мм (середина поверхности зажима цанги).

Из уравнения равновесия сил или моментов находится усилие зажима.

Момент резания равен 3,4 Н·м. Сила зажима:

$$W = \frac{k}{f} \sqrt{\frac{M_{кр}^2}{r^2} + P_v^2}, \quad (3.1)$$

где $M_{кр}$ – момент сил резания, Н·м;

r – диаметр под цангой, м;

f – коэффициент трения по зажимной поверхности цанги с кольцевыми канавками, $f = 0,35$;

k – коэффициент запаса: $k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 2,5$.

Подставив данные:

$$W = \frac{2,5}{0,35} \sqrt{\frac{3,4^2}{0,01^2} + 52^2} = 2457 \text{ Н.}$$

При закреплении вала в цанговом патроне штоковая сила механизированного привода состоит из следующих слагаемых:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3.2)$$

где Q_1 – компонент силы для деформирования упругих лепестков цанги до соприкосновения с валом, Н;

Q_2 – компонент силы, составляющий расчетную силы зажима (принимается максимальную составляющую 347 Н).

При упоре заготовки в упор происходит скольжение цанги по заготовке, что также надо учесть. Сила деформирования лепестков у цанги до контакта с зажимаемой заготовкой при трех лепестках:

$$Q_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{SD^3 \delta}{l^3} \operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1), \quad (3.3)$$

где D – диаметр цанги, 40 мм;

δ - деформация лепестков, $\delta = 0,2$ мм;

l - расстояние от заделки лепестка до места приложения силы зажима, $l = 55$ мм;

φ_1 - угол трения в контакте цанга - корпус.

$$\varphi = \operatorname{arctg}(f), \quad (3.4)$$

где f – коэффициент трения контактной поверхности конуса у цанги по корпусу приспособления, $f=0,2$;

$$\varphi = \operatorname{arctg}0,2 = 11,3^\circ,$$

S – поперечный размер у лепестка, $S=4$ мм;

α_1 - угол развертки лепестка, $\alpha_1 = 110^\circ = 1,9199 \text{ рад}$.

$$Q_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,2 \cdot 40^3 \cdot 4}{55^3} \operatorname{tg}41,3^\circ = 1622 \text{ Н}.$$

Штоковая сила для силы зажима с учетом упора заготовки и скольжения цанги по валу привода:

$$Q_2 = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi_2) = 2457 \cdot \operatorname{tg}(1,3^\circ + 9,3^\circ) = 3019 \text{ Н}. \quad (3.5)$$

Суммируем:

$$Q = 3019 + 1622 = 4661 \text{ Н}.$$

Размер поршня гидропривода:

$$D_{II} = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{4661}{1,5}} = 62 \text{ мм}, \quad (3.6)$$

где $P=1,5$ МПа – рабочее давление масляной среды. Для давления 2

Принимаем диаметр поршня $D_{II} = 63$ мм. Это связано с унификацией размеров – ближайший больший [16].

При определении погрешности установки вала привода в патроне учитываем погрешность его изготовления и сборки, а также фиксации на станке. Эти составляющие не включают погрешность базирования, так как базы совмещаются. Погрешность от сил закрепления также равна нулю. Δ - отклонение от соосности оси заготовки относительно оси шпинделя станка равно:

$$\Delta_{н.з} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (3.7)$$

где Δ_1 - несоосность корпуса приспособление относительно оси вращения шпинделя, мм;

Δ_2 - несоосность цанги и корпуса приспособления, мм;

Δ_3 - несоосность оси вала и оси цанги, мм. Требуется обеспечить несоосность оси вала привода и оси вращения шпинделя не более половины допуска размера (0,03 мм). При методе равных допусков

$$\sqrt{3} \cdot \Delta \leq 0,03, \quad \Delta \leq 0,017 \text{ мм}. \quad (3.8)$$

Каждая, указанная выше погрешность не должна превышать 0,017 мм. Тогда необходимая точность будет обеспечена.

Приспособление -цанговый патрон используется для установки вала привода в проектируемом техпроцессе на шлицефрезерном 5304В при фрезеровании эвольвентных шлицев.

Патрон содержит корпус 1, на который навинчивается крышка 2, торец которой служит опорной базой при базировании заготовки. Внутри корпуса находится цанга 3, служащая для базирования и закрепления заготовки. Цанга соединяется при помощи штанги 4 со штоком 5 силового привода. Силовой привод содержит корпус пневмоцилиндра 6 в котором может перемещаться поршень 7. Сжатый воздух подается в пневмоцилиндр от неподвижной муфты 8 посредством вращающейся вместе с пневмоцилиндром втулки 9. Корпус 1 крепится на шпиндель станка.

Приспособление работает следующим образом. При подаче воздуха в правую полость пневмоцилиндра поршень перемещается влево, цанга заклинивается, происходит зажим заготовки. При подаче воздуха в левую полость пневмоцилиндра поршень перемещается вправо, цанга под действием упругих сил, возникающих в лепестках, разжимается, происходит разжим заготовки.

3.2. Расчет и проектирование режущего инструмента

Спроектируем червячную фрезу для 025 шлицефрезерной операции для фрезерования шлицевых эвольвентных пазов.

Особенность конструкции фрезы – ее универсальность. Она сборная. Пластины можно заменять для различной конфигурации пазов. Для точной подготовки пластины можно затачивать. Основные параметры фрезы из [19].

Фреза работает методом обката. Для заданной точности на операции (0,06 мм допуск) класс точности - 2 типа А.

Порядок расчета червячной фрезы следующий. Внешний диаметр червячной фрезы $d_{a_0} = 63$ мм.

Диаметр под оправку $d = 30$ мм. Диаметр буртика $d_1 = 40$ мм. Габаритная длина инструмента $L = 84$ мм. Ширина у буртика $l = 7$ мм.

Рабочая режущей части фрезы $L_p = 46$ мм.

Число рядов зубьев $Z = 10$. Число зубьев в ряду .

Угол профиля зуба в сечениях нормальном и в осевом: 30° .

Шаг t_n по нормали по удвоенной толщине зуба S , мм:

$$t_n = 2S = 4,18 \text{ мм} \quad (3.9)$$

Толщина у зуба в нормальном сечении:

$$S_u = t_n - S_{\partial 1} + \Delta S, \quad (3.10)$$

где $S_{\partial 1}$ - толщина зуба колеса по нормали на делительной окружности.

Принимаем по ГОСТ 6033-80 $S_{\partial 1} = 2,09$ мм ;

ΔS - величина припуска под последующую чистовое шлифование.

$$S_u = 4,18 - 2,09 + 0,05 \cdot 2 \approx 2 \text{ мм.}$$

Высота головки зуба

$$h'_u = h'' = h - h' = \frac{d_{\partial 1} - d_{i1}}{2}, \quad (3.11)$$

где h – высота головки зуба шлицов;

$d_{\partial 1}$ и d_{i1} - диаметры делительной окружности и окружности впадин зубьев шлицов.

$$h'_u = \frac{20 - 18}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Тогда полная высота профиля червячной фрезы:

$$h_u = h + 0,3m, \quad (3.12)$$

$$h_u = 1 + 0,3 \cdot 1 = 1,3 \text{ мм.}$$

Радиус закругления на головке и ножке зуба:

$$r_1 = r_2 \approx \left(0,25 \div 0,3 \right) m, \quad (3.13)$$

$$r = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ мм.}$$

После шлифования профиля диаметр начальной окружности:

$$d_{\partial u} = D_{\partial u} - 2h_u - 0,1K, \quad (3.14)$$

$$d_{\partial u} = 63 - 2 \cdot 1,3 - 0,1 \cdot 1 = 60,3 \text{ мм.}$$

Угол наклона витков червячной фрезы:

$$\sin \omega = \frac{m_u a}{d_{\partial u}}, \quad (3.15)$$

где a – число заходов фрезы.

$$\sin \omega = \frac{1 \cdot 1}{60,3} 300 = 0,06 ; \quad \omega = 3^\circ 44'.$$

Шаг между витками червячной фрезы:

$$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega}, \quad (3.16)$$

$$t_{oc} = \frac{4,18}{\cos 3^\circ 44'} = 4,19 \text{ мм.}$$

Угол установки фрезы на станке:

$$\psi = \beta_0 \pm \omega, \quad (3.17)$$

$$\psi = 3^\circ 44'.$$

Глубина канавки:

$$H_K = h_0 + \frac{K + K_2}{2} + r = 1 + \frac{1}{2} + 0.25 = 1,75 \quad (3.18)$$

Технические требования на фрезу принимаем по ГОСТ 9324-80. Выполненный чертеж фрезы с учетом выполненных расчетов представлен на листе.

Фреза имеет корпус 1, в пазы которого вставляются набор пластин 2 по две пары, которые можно переворачивать в каждый паз. На дно каждого паза устанавливается опорная пластина 7. С боков набор пластин 2 фиксируются с одной стороны втулкой 6, с другой клином 5. Крышки 3 и 4 накручиваются на корпус 1. Инструмент быстро переналаживается за счет поворотов и переворотов пластин 2. Фреза также затачивается для обеспечения заданного биения. Универсальность инструмента делает целесообразным проектирование и изготовление такого инструмента и для условий единичного производства.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В таблице приведены данные по анализируемой операции [18].

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технология изготовления вала привода	Шлицефрезерная	Фрезеровщик, наладчик станков	Шлицефрезерный 5340В	Сталь 45ХНМФА, технологические среды (СОЖ, смазка), ветошь
Технология изготовления вала привода	Круглошлифовальная	Шлифовщик	Круглошлифовальный 3Б161	Сталь 45ХНМФА, технологические среды (СОЖ, смазка), ветошь, абразив 24А

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 - Определение рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
1	2	3
Шлицефрезерная, фрезерование пазов	шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Станок, зона резания, приспособление

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
Круглошлифовальная, шлифование шеек	опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации;	Заготовка, инструмент, СОЖ

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)

Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения ОВПФ	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда
Напряжение цепи опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Производственный участок	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
Участок механической обработки	Шлицифрезерный и круглошлифовальные станки	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос электрического напряжения на элементы технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматического пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители ОВП-8 (з) –А В (Н, С), ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы ОВП-40 (з)	Системы пенного пожаротушения Пенная система тушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления вала привода	Хранение ветоши в негорючих ящиках. Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, 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 рассматриваемого технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производственного процесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного процесса (производственного сооружения или производственного здания по функциональному назначению, операций технологического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
Технологический процесс изготовления вала привода	Шлицефрезерный 5304В Круглошлифовальный 3М161	Пыль металлическая, токсичные испарения, масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты Охлаждающие среды - СОЖ	Металлолом, стружка, промасленная ветошь, растворы технологических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Токарная - комплексная
Предлагаемые мероприятия для снижения антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтрационные системы для вентиляции производственных помещений
Предлагаемые мероприятия для снижения антропогенного воздействия на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
Предлагаемые мероприятия для снижения антропогенного воздействия на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах

4.6 Выводы по разделу

В разделе приведена характеристика рассматриваемого технического объекта: технологического процесса изготовления вала привода. Рассматриваются шлицефрезерная и круглошлифовальная операции. На данных операциях используются фрезеровщик и шлифовщик. В качестве приспособления используется универсальные приспособления: патрон трехкулачковый с центром и соответствующий инструмент червячная фреза; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы 45ХМНФА, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь (таблица 4.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков, где на рассматриваемых технологических операциях выявлены опасные и вредные факторы. Это острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью. В качестве источников выявлены обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент (таблица 4.2).

Для устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных факторов предлагаются соответствующие методы и средства. Такие, как инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации, изоляция звукопоглощающими материалами, заземление оборудования, изоляция

токоведущих частей, применение предохранителей, а также соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов (таблица 4.3).

Проведена идентификация классов и опасных факторов пожара для участка, где проводится механическая обработка вала привода (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса изготовления вала привода (таблица 4.6).

В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса изготовления вала привода (таблица 4.7). Предложены организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду: атмосферу – оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами, гидросферу – применение многоступенчатой системы очистки сточных вод и литосферу – разделение и сортировка отходов, а также утилизация отходов на специальных полигонах (таблица 4.8).

Выполнение раздела позволило выявить наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления вала привода, разработать мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Рассмотрев опасные вредные производственные факторы производственного объекта, воздействие этого объекта на окружающую среду и предложив меры по их устранению, можно сделать вывод о том, что проектируемый технический объект удовлетворяет необходимым нормам и не наносит сильного вреда человеку и окружающей среде – технологический процесс изготовления вала привода.

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.

Учитывая, описанные ранее совершенствования технологического процесса изготовления привода болида, определим:

- капитальные вложения в проектированный процесс;
- технологическую себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- полную себестоимость обработки детали по вариантам;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса.

Согласно соответствующим методикам [20] рассчитаем все необходимые параметры и сделаем выводы о целесообразности внедрения предложенных изменений.

Краткое описание изменений. Для выполнения операции используется круглошлифовальный станок, модель 3М163. В качестве оснастки в базовом варианте применялись поводковый патрон и центр упорный, в проектом варианте, к этому комплекту добавился люнет самоцентрирующий. Шлифование шеек привода болида осуществляется шлифовальным кругом 1 250x14x120 24A F60N7V. Эти изменения позволили уменьшить как основное, так и вспомогательное время, что в итоге привело к выполнению описанной операции за более короткое время, т.е. вместо 9,5 минут, операция выполняется за 5 минут.

Так как, изменению подверглась только оснастка, значит капитальные вложения в проектируемый вариант будут складываться из суммы затрат на проектирование и затрат на приспособление (рис. 5.1). Поэтому общий объем инвестиций составит 2119,07 рублей.



Рисунок 5.1 – Капитальные вложения в проектируемый вариант, руб.

Из рисунка 5.1 видно, что самые большие инвестиции требуются на затраты, связанные с проектированием нового технологического процесса. На их долю приходится около 99,8% всех капитальных вложений. Остальную долю в 0,2% составляют затраты на приспособление.

Следующим важным показателем при определении экономической эффективности является технологическая себестоимость. Обычно она складывается из четырех показателей: затрат на основной материал (M), основной заработной платы ($Z_{пл.осн}$), начислений на заработную плату ($H_{з.пл}$) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{э.об}$). Однако, в процессе совершенствования технологического процесса, метода получения заготовки не менялся, а это значит, что величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на итоговую разницу между вариантами (базовым и проектируемым). Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.2.

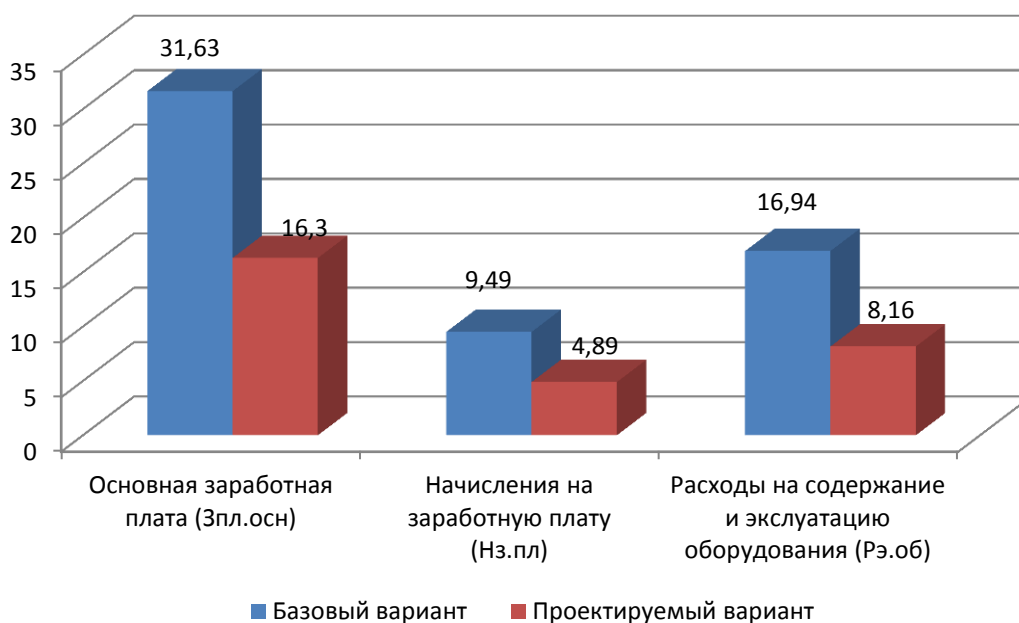


Рисунок 5.2 – Показатели технологической себестоимости по изменяющимся операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать выводов о том, что все параметры имеют тенденцию к снижению. А значит и итоговое значение технологической себестоимости проектируемого варианта меньше базового на 28,7 руб., и составляет 29,36 руб., в то время, как базовый вариант технологической себестоимости равен 58,06 руб.

На базе полученных значений технологической себестоимости, основной заработной платы и соответствующих коэффициентов были определены значения цеховой, заводской и полной себестоимости, величины которых представлены на рисунке 5.3.

Анализируя данный рисунок, видно, что в проектируемом варианте технологического процесса все показатели уменьшаются. Это позволяет получить итоговую разницу между вариантами в 84,74 руб., т.е. выполнение шлифовальной операции привода болида в проектируемом варианте обойдется предприятию на 48,8% дешевле, чем было в базовом варианте.

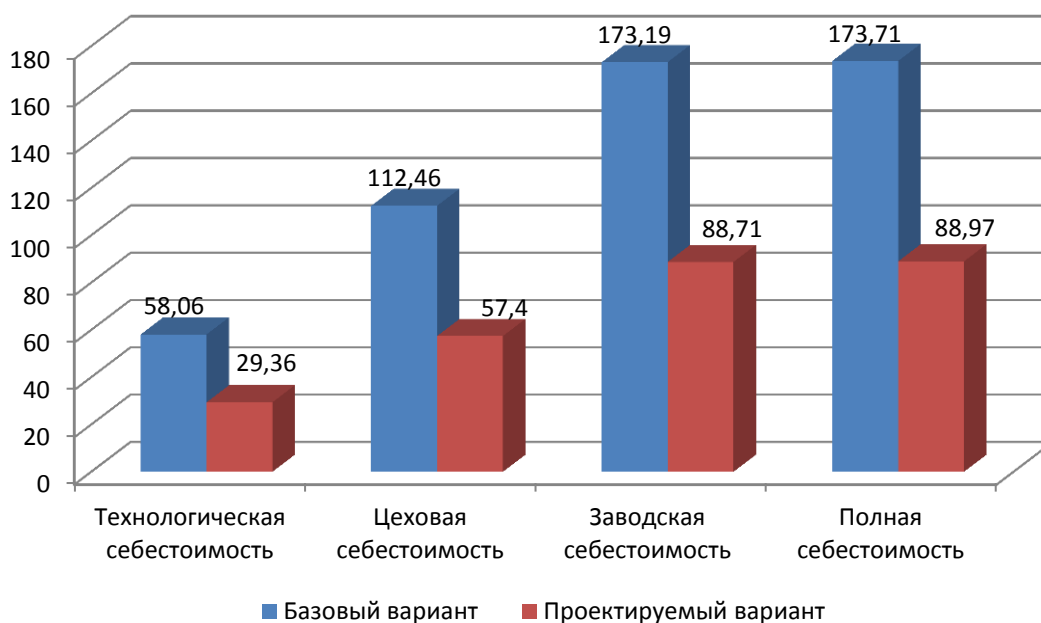


Рисунок 5.3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Такая разница между вариантами позволит предприятию получить дополнительную чистую прибыль в объеме 677,9 руб., и окупить вложенные средства в течение 4-х лет. Кроме этого, эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологического процесса, подтверждаются положительной величиной чистого дисконтируемого дохода в размере 284,83 руб., что позволит получить прибыль на каждый вложенный рубль в объеме 1,13 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе был разработан технологический процесс изготовления вала привода, который обеспечит выпуск детали в условиях единичного производства с заданным качеством и минимальными затратами на производство.

Спроектирован инструмент для зубофрезерной обработки методом копирования.

Проанализированы опасные и вредные производственные факторы на механическом участке и предложены мероприятия по их устранению.

Проведено экономическое обоснование технических решений по совершенствованию технологической операции и рассчитана выгода усовершенствований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
3. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
4. Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений : учеб. пособие для техникумов / А. П. Белоусов. - 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 1980. - 240 с.
5. Бушуев, В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с.
6. Бушуев, В. В. Тяжелые зубообрабатывающие станки / В. В. Бушуев, С. П. Налетов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 280 с.
7. Станочные приспособления : 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.
8. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.
9. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 68 с.
10. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.

11. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
12. Технология машиностроения : специальная часть : учеб. для вузов / А. А. Гусев [и др.]. - Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 1986. - 480 с.
13. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 543 с.
14. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - 447 с.
15. Долин, П. А. Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1985. - 823 с.
16. Дьячков, В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения : справочник / В. Б. Дьячков, Н. Ф. Кабатов, М. У. Носинов. - Москва : Машиностроение, 1983. - 286 с.
17. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.
18. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.
19. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.
20. 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.

22. Pahl, G. Design for Minimum Cost. In: Engineering Design/ Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. Springer: London. 2007. – p. 156
23. Precision machining processes. Springer, Boston : MA. - 2008. - p. 215
24. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.
25. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.
26. Heinz, Tschätsch Applied Machining Technology / Tschätsch Heinz – Springer-Verlag : Berlin, Heidelberg, 2009. – p. 396

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Технологическая документация

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Спецификация патрона

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
							Стр.	№		
				<u>Документация</u>						
A1			19.БР.ОТМП.617.70.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1					
				<u>Детали</u>						
		1	19.БР.ОТМП.617.70.00.001	Корпус	1					
		2	19.БР.ОТМП.617.70.00.002	Втулка	1					
		3	19.БР.ОТМП.617.70.00.003	Тяга	1					
		4	19.БР.ОТМП.617.70.00.004	Корпус привода	1					
		5	19.БР.ОТМП.617.70.00.005	Крышка	1					
		6	19.БР.ОТМП.617.70.00.006	Крышка привода	1					
		7	19.БР.ОТМП.617.70.00.007	Кожух	1					
		8	19.БР.ОТМП.617.70.00.008	Поршень	1					
		9	19.БР.ОТМП.617.70.00.009	Втулка опорная	1					
		10	19.БР.ОТМП.617.70.00.010	Упор	1					
		11	19.БР.ОТМП.617.70.00.011	Цанга	1					
		12	19.БР.ОТМП.617.70.00.012	Шток	1					
		13	19.БР.ОТМП.617.70.00.013	Фиксатор	1					
		14	19.БР.ОТМП.617.70.00.014	Винт малый	6					
				<u>Стандартные изделия</u>						
		14		Винт 2 М4 x 0,5-6d x 10 ГОСТ Р 11738-84	6					
			19.БР.ОТМП.617.70.00.000							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Цанговый патрон			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Капитуров В.В.							1	2
Пров.		Гуляев В.А.								
Н.контр.		Егоров А.Г.								
Утв.		Логинов Н.Ю.						ТГУ, ИМ гр. ТМп-1501		

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Спецификация червячной фрезы

		Перв. примен.		Слов. №		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.				
Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание												
				<u>Документация</u>														
A2			19.БР.ОТМП.617.75.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1													
				<u>Детали</u>														
		1	19.БР.ОТМП.617.75.00.001	Корпус	1													
		2	19.БР.ОТМП.617.75.00.002	Пластины сдвоенные	60													
		3	19.БР.ОТМП.617.75.00.003	Крышка правая	1													
		4	19.БР.ОТМП.617.75.00.004	Крышка левая	1													
		5	19.БР.ОТМП.617.75.00.005	Клин	1													
		6	19.БР.ОТМП.617.75.00.006	Втулка	1													
		7	19.БР.ОТМП.617.75.00.007	Пластина опорная	1													
				<u>Стандартные изделия</u>														
		8		Витн 2 М8 x 0,25-6d x 8,58.35X.01 ГОСТ Р 11738-84	6													
		9		Витн М4 x 0,25-6d x 8,58.35X.01 ГОСТ 17475-80	3													
			19.БР.ОТМП.617.75.00.000															
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Фреза червячная					Лит.	Лист	Листов				
		Разраб.	Капитуров В.В.															1
		Пров.	Гуляев В.А.															
		Н.контр.	Егоров А.Г.															
		Утв.	Логинов Н.Ю.				ТГУ, ИМ гр. ТМп-1501											

Копировал

Формат А4