

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-шестерни горизонтально-фрезерного станка

Обучающийся	<u>Д.М. Музыка</u> (Инициалы Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Л.А. Резников</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	
	<u>к.ф.-м.н, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка.

Автор: Музыка Дмитрий Михайлович.

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка.

В первой части работы нами проанализирована конструкция вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, выполнен анализ конструкции самого горизонтально-фрезерного станка, а также рассмотрены химический состав и свойства материала, из которого выполнена вал-шестерня. Также выполнен анализ технологичности конструкции вала-шестерни.

Во второй технологической части работы выбран тип машиностроительного производства и описаны его основные характеристики. Исходя из этого, выполнен расчет экономичности двух наиболее подходящих видов получения заготовки. На самую ответственную и точную поверхность выполнен расчет припусков расчетно-аналитическим методом. Далее проведен анализ и выбраны методы обработки каждой поверхности вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка. После этого спроектирован технологический процесс и рассчитаны режимы резания.

В третьей части работы нами спроектирована станочная технологическая оснастка на шпоночно-фрезерную операцию техпроцесса изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка. Это приспособление имеет механизированный привод, что позволит сократить вспомогательное операционное время.

В четвертой части для шпоночно-фрезерной операции спроектирована твердосплавная концевая фреза.

Работа содержит анализ экологичности и безопасности проведенных изменений. Экономический расчет показал эффективность работы.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	11
2.1 Определение типа производства.....	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	13
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.4 Выбор методов обработки.....	15
2.5 Расчет припусков.....	17
2.6 Расчет режимов обработки.....	21
3 Проектирование приспособления.....	25
3.1 Общие сведения.....	25
3.2 Исходные данные.....	26
3.3 Силовой расчет.....	27
3.4 Расчёт приспособления на точность.....	28
4 Проектирование режущего инструмента.....	30
4.1 Общие сведения.....	30
4.2 Проектирование концевой фрезы.....	31
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
6 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	43
Список используемой литературы.....	44
Приложение А. Технологическая документация.....	47

Введение

В последнее время в России станкостроению уделялось мало внимания со стороны правительства, в связи с этим после распада СССР произошло снижение выпуска отечественных станков. В промышленность в основном закупались импортное металлообрабатывающее оборудование. Это сказалось на отечественных станкостроительных предприятиях, которые закрывались из-за отсутствия заказов, банкротились и так далее.

На данный момент руководством страны принято решение возобновить станкостроительную отрасль, которая когда-то была ведущей в мире, споря за первенство с США. Но единовременно это сделать невозможно, так как имеется ряд ограничений по технологиям, персоналу предприятий, текущему состоянию науки и так далее.

Одной из самых крупных групп металлорежущих станков является группа фрезерных станков. Фрезерные станки отличаются разнообразием. Различают широкоуниверсальные, универсальные, специализированные и специальные фрезерные станки. Горизонтально-сверлильный станок, в состав которого входит, объект данной работы относится к универсальному горизонтально-фрезерному станку. Вал-шестерня входит в состав привода подачи этого металлорежущего станка, состоящего из электродвигателя и коробки подачи. Вал шестерня входит в состав конической зубчатой передачи и предназначена для восприятия вращательного момента поверхностями шпоночного паза и передачи этого момента коническим зубчатым венцом на другую коническую шестерню. Оси двух этих шестерен скрещиваются в пространстве под прямым углом.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода универсального горизонтально-фрезерного станка заданного качества с минимальными производственными затратами, согласно готовой программе выпуска.

1 Анализ исходных данных

«Фрезерование является одним из самых распространенных способов механической обработки. Этим способом осуществляют черновую, получистовую и чистовую обработку простых и фасонных поверхностей заготовок из стали, чугуна, цветных металлов и пластмасс. Фрезерные станки предназначены для фрезерования поверхностей планок, рычагов, крышек, корпусов и кронштейнов простой конфигурации; контуров сложной конфигурации (типа кулачков, шаблонов и так далее); поверхностей корпусных деталей. Технологические возможности станков фрезерной группы определяются конструкцией, компоновкой, классом точности станка и технической характеристикой системы ЧПУ». [23]

«Фрезерование характеризуется высокой производительностью и позволяет получать поверхности правильной геометрической формы. Применяя фрезы, оснащенные современными режущими материалами (синтетическими, сверхтвердыми, минералокерамикой), фрезерованием можно обрабатывать закаленные до высокой твердости (60HRC), материалы, заменяя шлифование. Фрезерные станки разделяют на две основные группы: станки общего назначения и специализированные. К первой группе относят станки консольные, бесконсольные, продольно-фрезерные и непрерывного фрезерования (карусельные и барабанные). Во вторую группу входят станки копировально-фрезерные, зубофрезерные, резьбофрезерные, шпоночно-фрезерные, шлицефрезерные и другие. Типоразмеры станков отличаются площадью рабочей поверхности стола или размерами обрабатываемой заготовки (при зубо- и резьбообработке). По этому признаку различают пять градаций станков. По классификации фрезерные станки относят к шестой группе, но часть фрезерных станков входит в пятую группу зубо- и резьбообрабатывающих станков. Каждый станок имеет свой шифр, состоящий из цифр и букв: первая цифра означает группу станка, вторая – его тип». [23]

1.1 Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня входит в состав привода подач горизонтально-фрезерного станка (рисунок 1), состоящего из электродвигателя и коробки подач. Вал шестерня входит в состав конической зубчатой передачи и предназначена для восприятия вращательного момента поверхностями шпоночного паза и передачи этого момента коническим зубчатым венцом на другую коническую шестерню.

«Конические зубчатые колеса применяют в передачах, когда оси валов пересекаются под углом. Наибольшее распространение имеют ортогональные передачи. Конические колеса бывают с прямыми, круговыми и редко с шевронными зубьями из-за сложности их изготовления. Конические прямозубые передачи имеют начальный линейный, а передачи с круговыми зубьями – точечный контакт в зацеплении. Конические колеса с круговыми зубьями по сравнению с прямозубыми обладают примерно в 1,5 раза большей несущей способностью, работают плавно и с меньшим шумом. Нарезание кругового зуба производят резцовыми головками по методу обкатки. Угол наклона зуба в середине зубчатого венца выбирают, учитывая плавность зацепления. Сопряженные колеса с круговым зубом имеют противоположное направление линий зубьев – правое и левое, если смотреть с вершины конуса. Шестерни выполняют с правым зубом, колеса – с левым. В конических передачах шестерня располагается консольно, при этом вследствие меньшей жесткости консольного вала и деформаций опор увеличивается неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий в зацеплении. По этой причине конические колеса по сравнению с цилиндрическими работают с большим шумом». [18]

«С целью снижения деформаций зубьев вал устанавливают на конических роликовых подшипниках». [18]

«Подшипники располагают в стакане для обеспечения возможности осевого перемещения узла конической шестерни при регулировании зацепления». [18]

«Конические зубчатые передачи дороже цилиндрических (для их изготовления требуются специальные станки и специальный инструмент). Применяются только при пересекающихся осях валов». [18]

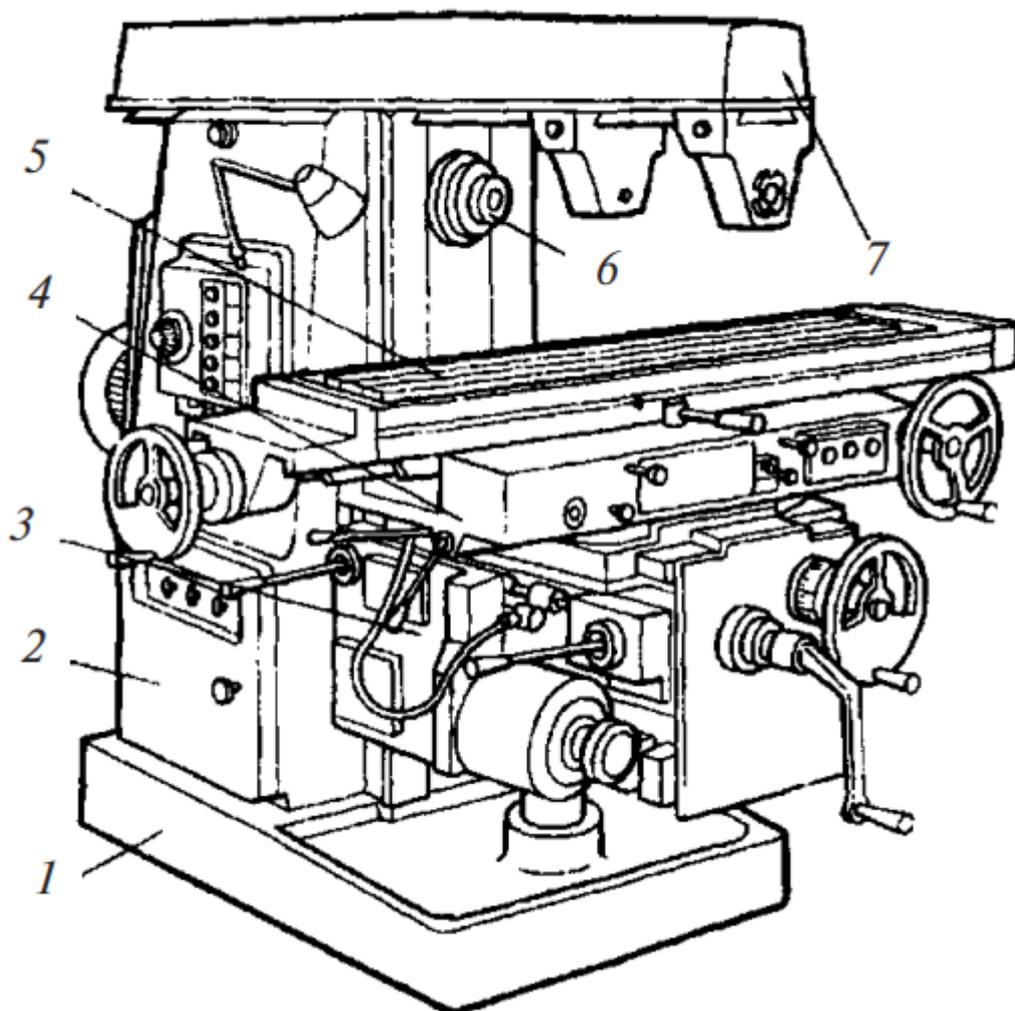


Рисунок 1 – Горизонтально-фрезерный станок

Горизонтально-фрезерный станок состоит из следующих основных частей: основание 1, на котором установлена станочная стойка 2. Внутри стойки расположена коробка скоростей, позволяющая изменять круговую скорость вращения шпинделя 6. Стойка имеет направляющие, по которым в

вертикальном направлении может перемещаться консоль 3. По горизонтальным направляющим 4 консоли перемещается стол 5, на котором закрепляется приспособление, несущее заготовку. Над столом располагается хобот станка 7, к которому присоединена серьга, являющаяся дополнительной опорой при закреплении в шпиндель длинной оправки, несущей набор фрез.

1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей обозначим каждую поверхность вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка и представим это на рисунке 2.

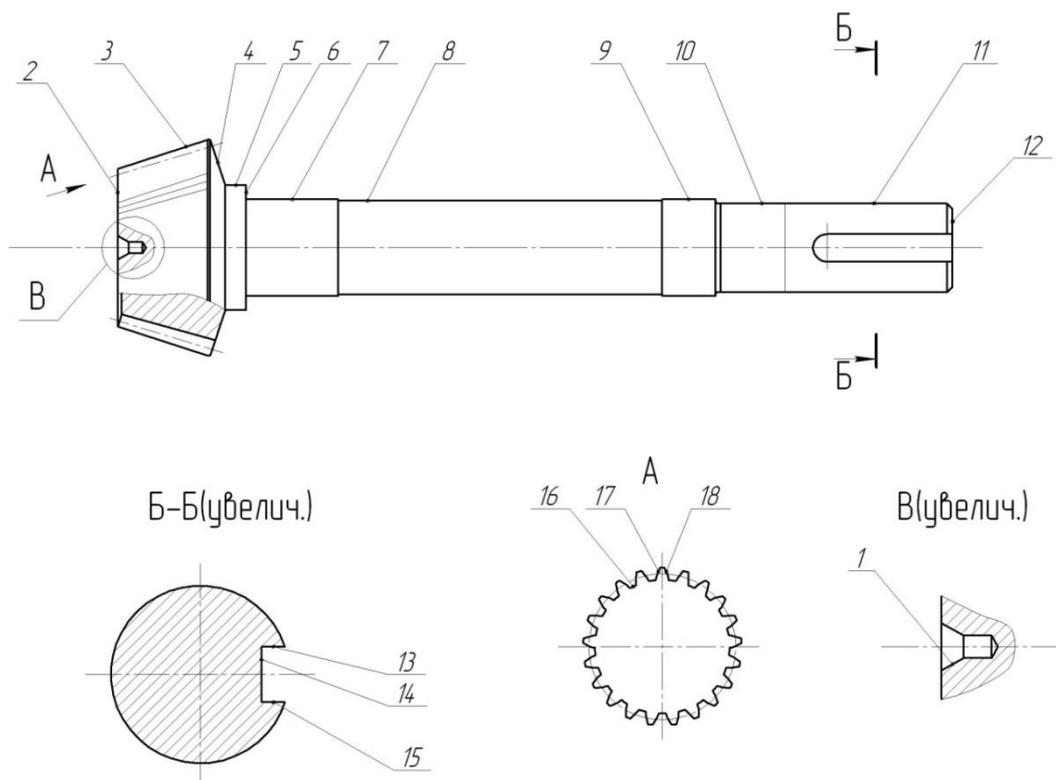


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными такие являются поверхности вала-шестерни, как стороны шпоночного паза 13, 15, воспринимающие вращательный момент от зубчатого колеса, а также боковые стороны зубьев венца, передающие этот

момент на другую коническую шестерню, составляющую с этой кинематическую пару.

Основными конструкторскими базами являются поверхности вала-шестерни, как цилиндрические поверхности 7, 9, а также торцовая поверхность 6.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни являются такие поверхности, как цилиндрическая поверхность, на которой при сборке устанавливается цилиндрическая шестерня, передающая нашей детали через шпоночное соединение вращательный момент, а также плоская поверхность 14.

Остальные поверхности детали - свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка является сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [9], которая содержит около 0,40% углерода (С) и примерно 1% хрома (Cr), остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

σ_B , МПа	НВ	σ_T , МПа	ψ , %	δ_5 , %
530	157...260	275	32	15

«Современное машиностроение предъявляет все более высокие требования к эксплуатационным свойствам материалов. Применяя различные технологические схемы термической обработки легированного проката, можно изменять прочностные свойства путем воздействия на процессы структурообразования. Механические и эксплуатационные свойства металла

определяются структурой металла, которая зависит от химического состава, условий деформации, температуры и режима охлаждения». [19]

«Традиционно основные параметры термической обработки устанавливаются на основании построенных термокинетических либо изотермических диаграмм. Кинетика распада аустенита и соответственно вид термокинетической диаграммы зависит от химического состава стали. Стали, подвергающиеся упрочнению, легируют карбидообразующими элементами, которые повышают устойчивость переохлажденного аустенина, улучшая закаливаемость. Значительный рост предела прочности при увеличении содержания хрома связан с расширением аустенитной области и соответственно увеличением прокаливаемости при ускоренном охлаждении. Большое количество хрома может приводить к появлению отпускной хрупкости, избежать которую возможно легированием молебденом в небольших количествах (до 0,3%). При дополнительном легировании ванадием может наблюдаться уменьшение закаливаемости при охлаждении с обычных температур, что проявляется в снижении поверхностной твердости и уменьшении глубины закаленного слоя». [19]

Конструкция вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка такова, что в ней отсутствуют труднодоступные для обрабатываемости и измерения поверхности. Имеются специальные канавки для выхода режущего инструмента. Имеются центровые отверстия ГОСТ 14034-74 [6] для возможности обработки этой детали в центрах. Таким образом, можно сделать заключение о достаточно хорошей технологичности конструкции вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка.

Выполнив анализ исходных данных, перейдем к технологической части.

2 Технологическая часть

Инженеры-технологи в машиностроении решают несколько важных проблем: увеличение производительности труда, увеличение качества продуктов производства, исключение длинных технологических цепочек, связанных с долгим хранением полуфабрикатов на складах и их долгой транспортировкой, с экономическим развитием машиностроительных предприятий и так далее.

В условиях жесткой конкуренции на мировых рынках машиностроительной продукции задачами инженеров-технологов в обязательной мере должны быть основаны на каждодневном увеличении качества производства изделий, а с этим связано совершенствование производственных технологий и росту привлекательности продукции.

2.1 Определение типа производства

«Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции. Тип машиностроительного производства - один из ключевых факторов в принятии технологических решений, в том числе - оценке технологичности конструкций изделий, выборе специализации производственных участков и организационных форм сборки, проектировании маршрутных технологических процессов, выборе и расстановке технологического оборудования». [24]

«Согласно ГОСТ 14.004-83 [22], различают единичное, серийное и массовое производство (рисунок 3). Единичное производство – производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются. Изделия выпускаются широкой номенклатурой в относительно малых количествах и часто индивидуально». [24]



Рисунок 3 – Типы машиностроительного производства

«Серийное производство – производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установленного типа (металлорежущие станки, насосы, компрессоры, авиационные двигатели и так далее), выпускаемые в значительных количествах, но в различных модификациях. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство». [24]

«Массовое производство – производство, характеризующееся большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняют одну рабочую операцию». [24]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка $m = 2,6$ кг и годовая программа выпуска $N = 5000$ штук. Исходя из этих данных [24], принимаем среднесерийный тип производства.

«Среднесерийное производство характеризуется тем, что изделия выпускаются довольно крупными сериями ограниченной номенклатуры; серии повторяются с известной регулярностью». [24]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В среднесерийном производстве за рабочими местами закрепляют несколько технологических операций, для выполнения которых проводят переналадку оборудования. Оборудование универсальное или специализированное, его располагают в соответствии с последовательностью выполнения этапов обработки заготовок. Размер производственной партии – от нескольких десятков до сотен деталей. Заводы имеют развитую производственную структуру, заготовительные цеха обычно специализируются по технологическому принципу, а в механосборочных цехах создаются предметно-замкнутые участки». [24]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«В процессе изготовления деталей возникает необходимость изменять размеры, форму, а в некоторых случаях и физико-механические свойства первоначально выбранной заготовки. Эти изменения достигаются различными способами обработки: правкой, резкой, вырубкой, гибкой, вальцовкой, обкаткой, вытяжкой, формированием, механической и тепловой обработкой». [22]

«Резкой, вырубкой и механической обработкой изменяют размеры заготовки. Правка, гибка, вальцовка, обкатка, вытяжка, формирование позволяют изменять форму заготовки, не уменьшая ее объема. Тепловая обработка применяется для улучшения физико-механических свойств материала». [22]

«Выбор способа обработки зависит от свойств обрабатываемого материала, требований к качеству поверхностей, а также от наличия на предприятии оборудования». [22]

При штамповке масса заготовки будет равна $m = 4,1$ кг, а при прокате ($\emptyset 3,5 \times 303$) $m = 12,9$ кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг).

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2)$$

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [16]

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578.$$

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.).

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_\delta \cdot k_m \cdot k_n, \quad (3)$$

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_\delta = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [16]

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.).

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{ум}} + C_{\text{мех}}(Q_{\text{ум}} - q) - C_{\text{отх}}(Q_{\text{ум}} - q), \quad (4)$$

где $Q_{\text{ум}} = 4,1$; $q = 2,6$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. \text{ [16]}$$

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 4,1 + 0,6578(4,1 - 2,6) - (4,1 - 2,6)0,0144 = 2,0783$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.).

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{пр}} + C_{\text{мех}}(Q_{\text{пр}} - q) - C_{\text{отх}}(Q_{\text{пр}} - q), \quad (5)$$

где $Q_{\text{пр}} = 12,9$; $q = 2,6$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. \text{ [16]}$$

$$C_{mn} = 0,2219 \cdot 12,9 + 0,6578(12,9 - 2,6) - 0,0144(12,9 - 2,6) = 9,4895 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_3}. \quad (6)$$

$$K_{им} = \frac{2,6}{4,1} = 0,63.$$

Значение $K_{им}$ соответствует среднесерийному типу производства.

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки

«Каждая деталь может быть представлена в виде сочетания элементарных поверхностей, таких как плоскости, цилиндры, конусы, торы, а также более сложных фигурных поверхностей, например винтовых, шлицевых, зубчатых и пр. В результате многолетней практики установлены наиболее рациональные типовые способы механической обработки для каждой элементарной поверхности. Выбор того или иного способа определяется комплексом факторов, среди которых учитывают: конфигурацию, габаритные размеры, материал и массу деталей, объем выпуска, принятый тип и форму организации производства; оборудование и оснастку, имеющиеся в распоряжении и др. К главным факторам также относят точность, производительность и рентабельность каждого способа».

[27]

В связи с заданными качеством точности (IT7), формы и шероховатости ($Ra=0,8$) поверхностей 1, 12, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для

обработки этих поверхностей: центровально-подрезная и центрошлифовальная операции.

В связи с заданными качеством точности (IT14), формой и шероховатостью ($Ra=10$) поверхности 2, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: центровально-подрезная операция.

В связи с заданными качеством точности (IT12), формы и шероховатости ($Ra=2,5$) поверхности 3, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

В связи с заданными качеством точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=10$) поверхностей 4, 5, 8, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

В связи с заданными качеством точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=1,25$) поверхности 6, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, шлифование черновое.

В связи с заданными качеством точности (IT6), формы и шероховатости ($Ra=0,63$) поверхностей 7, 9, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

В связи с заданными качеством точности (IT11), формы и шероховатости ($Ra=10$) поверхности 10, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: центровально-подрезная операция.

В связи с заданными качеством точности (IT6), формы и шероховатости ($Ra=1,25$) поверхности 11, обозначенным на чертеже вала-

шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

В связи с заданными качеством точности (IT9), формы и шероховатости ($Ra=5$) поверхностей 13, 15, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: шпоночное фрезерование.

В связи с заданными качеством точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=10$) поверхности 14, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: шпоночное фрезерование.

В связи с заданными качеством точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=10$) поверхности 16, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: зубострогание.

В связи с заданными качеством точности (IT8), формы и шероховатости ($Ra=1,25$) поверхностей 17, 18, обозначенным на чертеже вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: зубострогание и зубошлифование.

2.5 Расчет припусков

«Разработка технологических процессов изготовления различных деталей машин предусматривает расчет припусков и межпереходных размеров для выполняемых технологических переходов. Правильный расчет припусков и межпереходных размеров является одним из центральных факторов, определяющих гарантированное достижение требуемой точности изготавливаемой детали на основе последовательного уточнения заготовки на каждой из проходимых технологических систем». [20]

«Назначение обоснованных минимально-достаточных припусков позволяет значительно сократить затраты на материал заготовки, уменьшить расходы на режущий инструмент и потребляемую электроэнергию, что в итоге приводит к значительному повышению эффективности использования дорогостоящего станочного оборудования». [20]

«Определение припусков на обработку тесно связано с установлением предельных, промежуточных и исходных размеров заготовки, которые необходимы для конструирования приспособлений, специальных режущих и мерительных инструментов, штампов, пресс-форм, моделей, стержневых ящиков, настройки металлорежущих станков и другого технологического оборудования, для обоснованного определения режимов резания и норм времени на выполнение операций механической обработки». [20]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 2 с параметрами $\varnothing 35k6_{+0,002}^{+0,018}$ мм, $L = 31,3$ мм, $Ra = 0,63$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td. \quad [2] \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,400.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [5] \quad (8)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). \quad [5] \quad (9)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,401.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,401 + 0,5(1,6 + 0,250) = 1,326.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,088.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 35,002.$$

$$d_{4\max} = 35,018.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 35,018 + 2 \cdot 0,060 = 35,138.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 35,138 + 0,016 = 35,154.$$

$$d_{T0\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 35,154 + 2 \cdot 0,125 = 35,404.$$

$$d_{T0\max} = d_{T0\min} + Td_{T0} = 35,4 + 0,100 = 35,504.$$

$$d_{2\min} = d_{T0\max} \cdot 0,999 = 35,504 \cdot 0,999 = 35,468.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 35,468 + 0,062 = 35,530.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 35,530 + 2 \cdot 0,263 = 36,056.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,06 + 0,250 = 36,306.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 36,306 + 2 \cdot 0,401 = 37,108.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 37,108 + 1,600 = 38,708.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{imax} + d_{imin}). \quad (10)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(38,708 + 37,108) = 37,908.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1max} + d_{1min}) = 0,5(36,306 + 36,056) = 36,181.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2max} + d_{2min}) = 0,5(35,530 + 35,468) = 35,499.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(35,504 + 35,404) = 35,454.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(35,154 + 35,138) = 35,146.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(35,018 + 35,002) = 35,010.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (11)$$

$$2Z_{min} = 37,108 - 35,018 = 2,090.$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (12)$$

$$2Z_{max} = 2,090 + 1,600 + 0,016 = 3,706.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}). \quad (13)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,706 + 2,090) = 2,898.$$

Полученные значения припусков будем использовать при проектировании технологических операций обработки вала-шестерни привода горизонтально-фрезерного станка.

2.6 Расчет режимов обработки

Режимы обработки оказывают довольно значительное влияние как на технические, так и на экономические характеристики машиностроительного производства, а также в целом на развитие промышленности. Назначение режимов обработки резанием является технико-экономической задачей и является одной из самых массовых задач. [15]

При расчете режимов резания необходимо выбрать целевой показатель оптимизации. Им может являться производительность, качество получаемой поверхности, точность и так далее.

Режимы обработки напрямую зависят от выбора режущей части применяемых режущих инструментов, применяемых смазочно-охлаждающих технологических средств, обрабатываемого материала и так далее.

2.6.1 Определение режимов обработки на операцию 020.

Глубина резания $t = 0,3$. [21]

Подача $S = 0,2$. [21]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (14)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$. [26]

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 78} = 735 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (16)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 78 \cdot 630}{1000} = 154,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (17)$$

$$S = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (18)$$

$$T_0 = \frac{36}{126} = 0,29 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3$. [21]

Подача $S = 0,2$. [21]

Скорость резания

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 57} = 1006, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1000, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57 \cdot 1000}{1000} = 179,0, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{30}{200} = 0,15, \text{ мин.}$$

Общее основное время

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,29 + 0,15 = 0,44, \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов обработки на операцию 030.

Глубина резания $t = 5$. [21]

Подача $S_z = 0,025$. [21]

Подача на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (19)$$

где $z = 4$.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (20)$$

где $D = 10; C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$. [21]

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (21)$$

где $K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [21]

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 44,6, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 44,6}{3,14 \cdot 10} = 1420, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1250, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1250}{1000} = 39,3, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1250 = 125, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{рх}}}{S}. \quad (22)$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 50}{125} = 0,40 \text{ мин.}$$

Найденные значения режимов резания при обработке вала-шестерни привода горизонтально-сверлильного станка занесем в карты технологических наладок, представленные в графической части, а также в технологическую документацию, представленную в приложении А.

3 Проектирование приспособления

3.1 Общие сведения

«При обработке шпоночных пазов заготовку устанавливают на призмах ГОСТ 12195-66 [5]. Шпоночную фрезу выбирают исходя из размеров шпоночной канавки. При необходимости проверяют биение фрезы. Пазы для призматических шпонок могут быть сквозные, закрытые с двух сторон, закрытые с одной стороны. Сквозные шпоночные пазы обычно обрабатывают дисковыми трехсторонними фрезами за один проход (рисунок 4, а). Если шпоночный паз большой ширины, а его длина небольшая, обработку можно произвести концевой шпоночной фрезой. Глухие (закрытые) шпоночные пазы фрезеруют стандартными концевыми шпоночными фрезами (рисунок 4, б). Иногда предварительно сверлят отверстие на глубину фрезерования». [13]

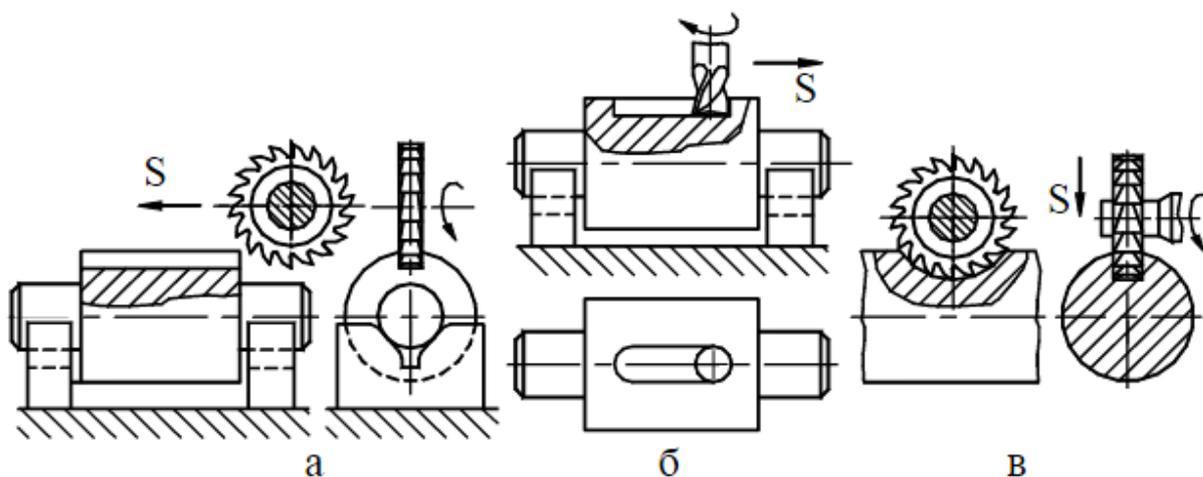


Рисунок 4 – Обработка шпоночных пазов

Для установки сегментных шпонок шпоночные пазы фрезеруют в направлении глубины самого паза. Внутренние пазы для шпонок в таких деталях, как втулка, зубчатое колесо и так далее в индивидуальном и мелкосерийном производствах выполняют на долбежных станках резцами, а

в условиях серийного и массового машиностроительного производства выполняют протягиванием, используя шпоночные протяжки.

3.2 Исходные данные

Схема обработки шпоночного паза вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка представлена на рисунке 5. Заготовка устанавливается в призмах.

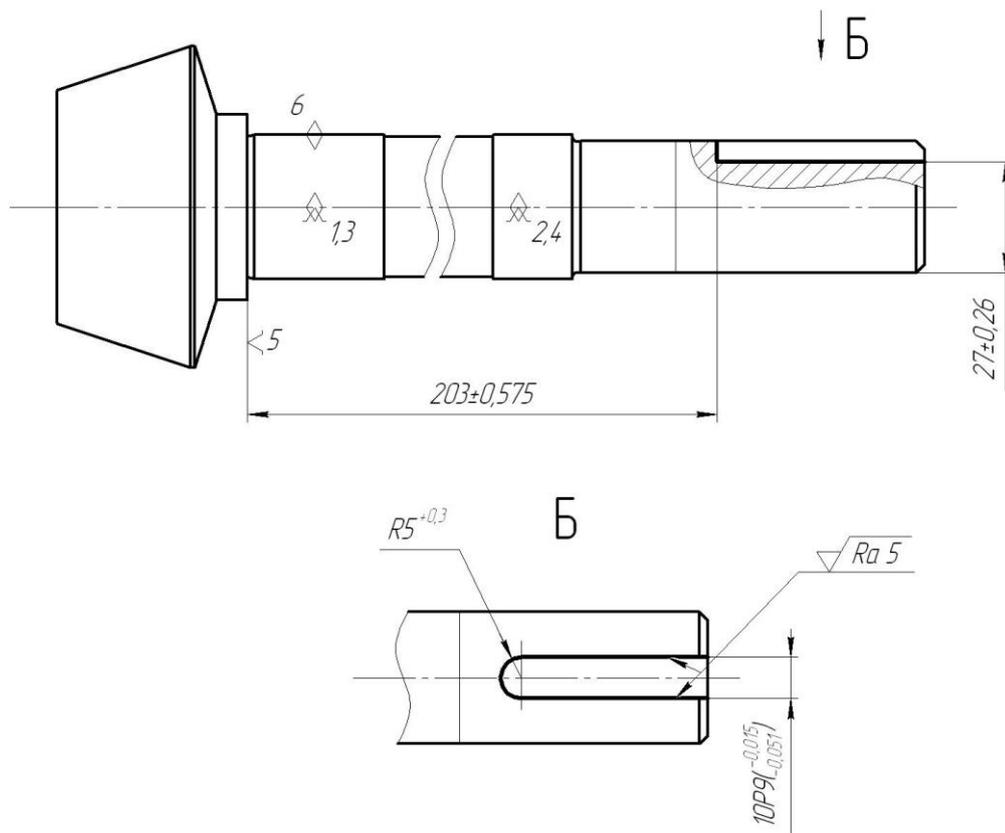


Рисунок 5 - Схема операции 030

Режимы обработки на этой операции были рассчитаны ранее. Сведем их в таблицу 2.

Таблица 2 – Режимы резания операции 030

Подача S_0 , мм/об	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Глубина резания t , мм	Скорость резания V , м/мин
0,1	1250	5,0	31,4

3.3 Силовой расчет

Определим силу P_x

$$P_x = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (23)$$

где $C_p = 68; B = 10; D = 10; x = 0,86; y = 0,74; q = -0,86$. [26]

$$P_x = 68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 10^1 \cdot 10^{-0,86} = 68,2, \text{ Н.}$$

Определим силу P_z

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (24)$$

где $C_p = 68; B = 10; D = 10; x = 0,86; y = 0,74; q = -0,86$. [26]

$$P_z = 68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 10^1 \cdot 10^{-0,86} = 68,2, \text{ Н.}$$

Просуммируем силы

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (25)$$

$$P = \sqrt{68,2^2 + 68,2^2} = 96,5, \text{ Н.}$$

Примем коэффициент трения $f = 0,1$. [26]

Сила закрепления заготовки, учитывая коэффициент надежности

$$P_3 = \frac{K \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f} P \quad (26)$$

Коэффициент надежности

$$K = 2,7$$

Рассчитаем силу

$$P_3 = \frac{2,7 \cdot \sin 45^\circ}{0,1} \cdot 96,5 = 18424, \text{ Н.}$$

3.4 Расчёт приспособления на точность

Схема закрепления заготовки в призмах представлена на рисунке 6.

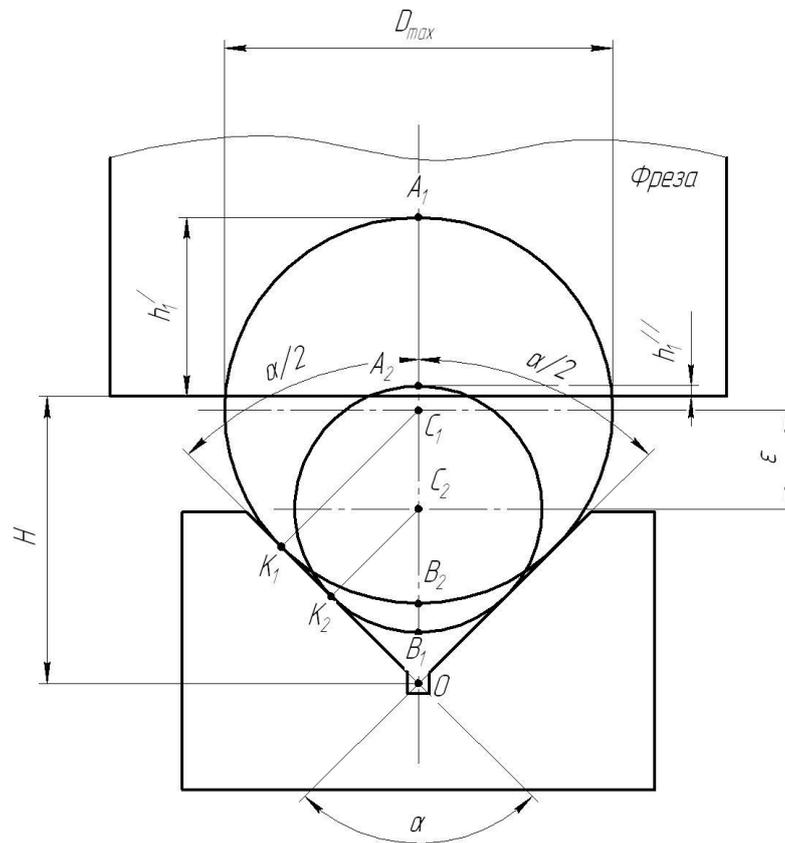


Рисунок 6 - Схема закрепления заготовки в призмах

Погрешность установки заготовки для изготовления вала-шестерни привода горизонтально-фрезерного станка напрямую наносит влияние на погрешность изготовления самой вала-шестерни, так как эта погрешность

вносится в расчет припусков на механическую обработку. Заготовка, зажатая в приспособлении, принимает сразу такое положение относительно инструмента и поэтому эту погрешность необходимо рассчитать и учитывать.

Погрешность установки

$$\varepsilon = (D_{\min} + h_1') - (D_{\min} + h_1'') = h_1' - h_1'' = OA_1 - OA_2.$$

$$OA_1 = OC_1 + C_1A_1 = \frac{C_1K_1}{\sin \alpha/2} + C_1A_1.$$

$$C_1K_1 = C_1A_1 = \frac{D_{\max}}{2},$$

$$OA_1 = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

$$OA_2 = \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

Откуда

$$\varepsilon = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) - \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \left(\frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) \quad (27)$$

Закрепление заготовки ведется поверхностям $\varnothing 35_{+0,002}^{+0,018}$. Тогда погрешность установки будет равна

$$\varepsilon = \frac{0,016}{2} \left(\frac{1}{\sin 108/2} + 1 \right) = 0,018, \text{ мм.}$$

Чертеж разработанного приспособления для обработки шпоночного паза вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка представлен в графической части

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

Концевые фрезы являются многолезвийным очень распространенным металлорежущим инструментом. Этот инструмент применяется на вертикально-фрезерных и многоцелевых станках машиностроительной отрасли. Концевые фрезы отличаются обширным разнообразием конструкций, связи с этим, у рабочих инженеров вызывает затруднение выбрать верную конструкцию при проектировании техпроцессов.

«При чистовом фрезеровании нежестких конструктивных элементов деталей с точки зрения предотвращения появления автоколебаний важным является обеспечение постоянного значения сил фрезерования. Постоянные значения составляющих сил фрезерования в значительной степени снижают вероятность появления резонансных явлений. Постоянство сил при срезании одного элемента стружки обеспечивается соблюдением условия, что угол наклона режущих кромок будет значительно больше условного. При одновременной работе нескольких зубьев по осевому шагу постоянные значения сил фрезерования обеспечиваются их сложением в соответствии с рисунком 7». [1]

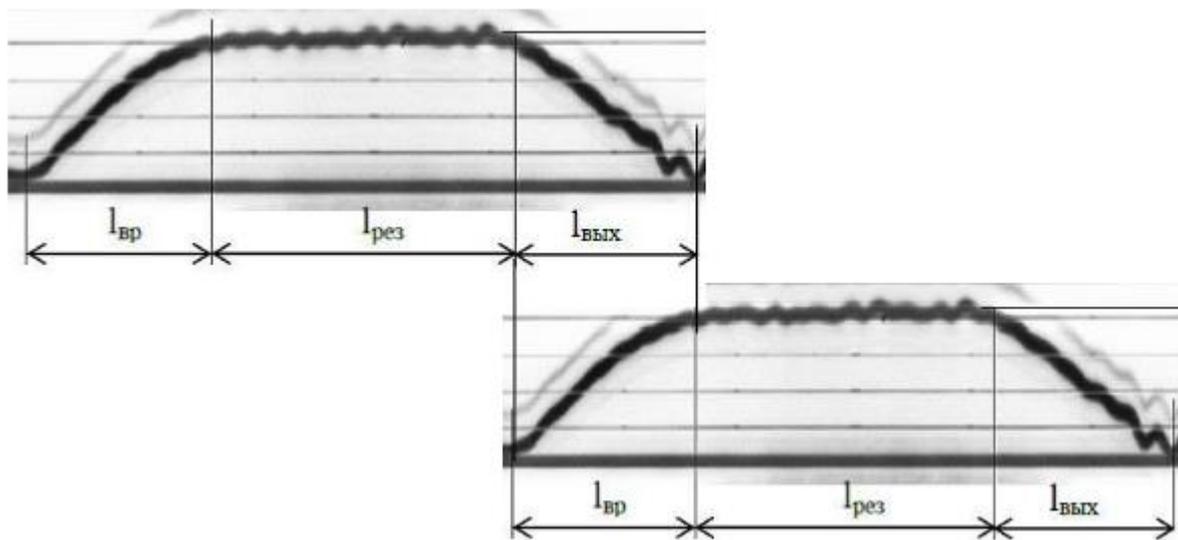


Рисунок 7 – Силы при фрезеровании

«Сложение составляющих сил фрезерования по осевому шагу на участках врезания и выхода из работы смежных зубьев создает практически постоянный уровень сил фрезерования при обработке стрингеров или стенок. Постоянство сил может быть обеспечено расчетом параметров специальных фрез». [1]

4.2 Проектирование концевой фрезы

Схема обработки шпоночного паза вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка на операции 030 представлена на рисунке 8.

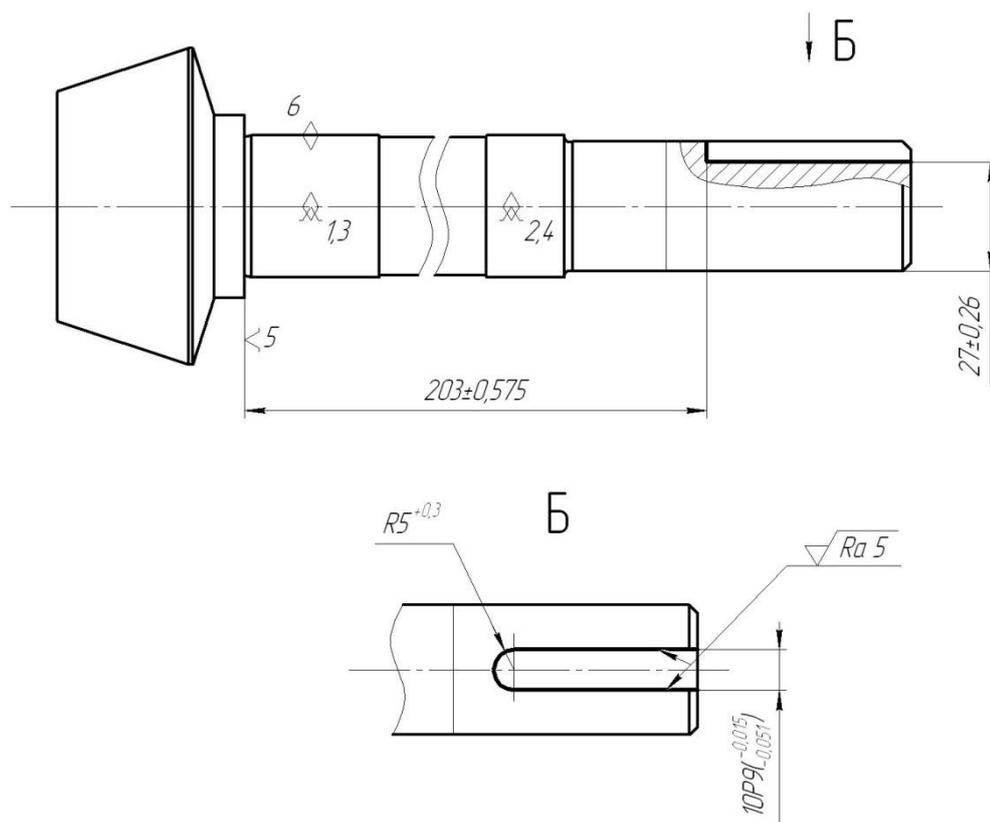


Рисунок 8 - Схема обработки шпоночного паза

В качестве материала режущей части в базовом варианте была быстрорежущая сталь Р6М5. Стойкость фрезы из быстрорежущей стали не достаточная, поэтому приходится часто останавливать металлорежущее оборудование для замены такой концевой фрезы. Нами предлагается в

качестве материала режущей части фрезы взять твердый сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74 [8]. Стойкость такой концевой фрезы будет в три раза больше, что сократит вспомогательное время операции 030, затрачиваемое на смену режущего инструмента в связи с его износом.

Определим диаметр режущей части фрезы

$$d_a = 0,4B^{0,2}t^{0,175}S_Z^{0,14}Z^{0,2}l^{0,62}y^{-0,2}, \quad (28)$$

где $B = 10; t = 5; S_Z = 0,025; l = 70; y = 0,2$. [14]

$$d_a = 0,4 \cdot 10^{0,2} \cdot 5^{0,175} \cdot 0,002^{0,14} \cdot 4^{0,2} \cdot 70^{0,62} \cdot 0,2^{-0,2} = 8,93, \text{ мм.}$$

$$d_a = 10 \text{ мм.}$$

Угол наклона стружечных канавок

$$\omega = 45^\circ. [14]$$

Длина фрезы

$$L = 80 \text{ мм. [14]}$$

Длина режущей части

$$l = 30 \text{ мм. [14]}$$

Ширина ленточки

$$f = 0,5 \text{ мм. [14]}$$

Мощность резания

$$N = 10^{-5} \cdot c_N \cdot t^{0,86} \cdot n \cdot B \cdot S_Z^{0,72} \cdot d_a^{0,14} \cdot z, \quad (29)$$

где $c_N = 3,5$. [14]

$$N = 10^{-5} \cdot 3,5 \cdot 6,95^{0,86} \cdot 4000 \cdot 8 \cdot 0,002^{0,72} \cdot 6^{0,14} \cdot 4 = 0,35, \text{ кВт.}$$

Мощность станка выше расчетной, значит обработка возможна.

Чертеж концевой фрезы для обработки шпоночного паза вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка представлен в графической части.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данной работе мы проектируем технологический процесс изготовления вала-шестерни привода универсального горизонтально-фрезерного станка. Участок механической обработки содержит несколько рабочих мест, на которых проводятся следующие технологические операции: центровально-подрезная, проводимая на центровально-подрезном станке 2А911-1, четыре токарных операции, проводимые на токарных станках с ЧПУ СА500СФ3К, шпоночно-фрезерная на шпоночно-фрезерном станке 692Д, зубострогальная, проводимая на зубострогальном станке 5А26, центрошлифовальная операция, проводимая на центрошлифовальном станке 3922; торцекруглошлифовальная операция, проводимая на торцекруглошлифовальном станке с ЧПУ ХШ4-104Ф20, две круглошлифовальные операции, проводимые на круглошлифовальных станках с ЧПУ КШ-400.2, зубопритирочная операция, проводимая на зубопитирочном станке 5736, моечная и контрольная операции.

Модернизацией в типовом варианте техпроцесса подверглись две операции, а именно 020 Токарная чистовая и 030 Шпоночно-фрезерная, поэтому анализировать безопасность и экологичность рабочих мест будем относительно этих двух операций.

«Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические». [25]

В процессах механической обработки выделяется тепло, что может привести к травмированию рабочего, который управляет работой станка. Источником тепла в процессе механической обработки может являться сам процесс резания, в результате которого происходит нагрев режущих инструментов, участвующих в обработке, обрабатываемой заготовки и снимаемой стружки. Уровень их нагрева зависит от скорости обработки.

При токарной обработке на токарном станке СА500СФ3К оператор этого станка, представленного на рисунке 9, закрыт от зоны обработки специальным кожухом.



Рисунок 9 – Токарный станок СА500СФ3К

Перед началом обработки оператор токарного станка СА500СФ3К устанавливает в станочное приспособление заготовку. После этого включает автоматизированное станочное приспособление, которое было спроектировано в данной работе ранее, это приспособление зажимает заготовку. После этого оператор станка обязательно должен закрыть зону обработки защитным кожухом. Только после этого он может запускать работу станка по заранее подготовленной программе.

После выполнения станком все рабочих движений и холостых ходов, прописанных в рабочей программе, режущие инструменты находятся справа от зоны обработки на достаточном удалении от заготовки, подача СОТС выключена. После этого оператором станка отодвигается защитный кожух, включается движение станочного приспособления на разжим обработанной заготовки и снимается эта заготовка. При снятии обработанной заготовки оператор станка должен находиться в защитных перчатках ГОСТ 12.4.252-

2013 [3], чтобы разогретая заготовка не повредила своей высокой температурой кожу рук оператора.

Еще одним опасным фактором является то, что оператору токарного станка СА500СФ3К периодически необходимо убирать из накопителя станка стружку. Это необходимо делать не после каждой операции обработки, а по мере накопления определенного количества этой стружки. Во избежание ожогов это выполняется специальным крючком для сбора стружки ГОСТ EN 12840-2011 [10]. Оператор в строго отведенное время перемещает стружку в специальный контейнер, а далее цеховым транспортом общая цеховая стружка отвозится на утилизацию или переработку.

Снижению разогрева режущих инструментов, участвующих в обработке, способствует подача в зону обработки смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Испарения этих жидкостей тоже могут негативно повлиять на окружающую среду рабочего места станочника шпоночно-фрезерного станка 692Д (рисунок 10) или оператора станка с ЧПУ. В связи с этим отделом охраны труда предприятия обязательно ведется контроль за качеством внутрицехового воздуха. В цехе имеется централизованная система вентиляции воздуха ГОСТ 22270-2018 [7], которая выводит из цеха нежелательные газообразные элементы. И, если возникает необходимость, то оператор станка должен находиться на рабочем месте в респираторе ГОСТ 12.4.296-2015 [4]. Эти меры устраняют проблемы возникновения заболеваний органов дыхания у операторов станков.

В отличие от токарного станка СА500СФ3К шпоночный фрезерный станок 692Д не имеет защитного кожуха, который бы закрывал зону обработки от вылета образовавшейся стружки, от действия высоких температур, возникающих при резании и так далее.



Рисунок 10 – Шпоночно-фрезерный станок 692Д

Станочнику, выполняющему работы на шпоночно-фрезерном станке 692Д для защиты органов зрения от попадания стружки, образующейся при резании, необходимо перед началом работ одевать защитные очки ГОСТ Р 12.4.013-97 [11].

Важно на предприятии иметь противопожарную систему ГОСТ Р 59638-2021 [12] для исключения возникновения пожаров.

«Системы пожарной сигнализации предназначены для обнаружения пожара, формирования, обработки, регистрации и передачи в заданном виде сигналов о пожаре, режимах работы системы, другой информации и выдачи сигналов на управление техническими средствами противопожарной защиты, технологическим и другим оборудованием. Системы пожарной сигнализации являются одним из наиболее эффективных средств защиты людей и сохранения материальных ценностей от пожара». [12]

«Проектирование систем пожарной сигнализации и монтаж технических систем пожарной сигнализации являются основными критериями максимальной эффективности функционирования систем на объектах защиты. Надлежащая эксплуатация систем пожарной сигнализации, систематическая и качественно выполняемая проверка их работоспособности, проведение технического обслуживания позволяют обеспечить необходимую работоспособность систем пожарной сигнализации» [12]

На участке механической обработки вала-шестерни привода универсального горизонтально-фрезерного станка необходимо иметь такую систему для своевременного реагирования и обеспечение безопасности на машиностроительном предприятии.

В данном разделе нами проанализированы опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникать при работе на токарном и шпоночно-фрезерном станках при изготовлении вала-шестерни привода универсального горизонтально-фрезерного станка. Предложены меры по их уменьшению или исключению. Также в разделе сделаны предложения по снижению рисков возникновения пожара на машиностроительном предприятии.

6 Экономическая эффективность работы

«Современная рыночная экономика предъявляет все более высокие требования к качеству выпускаемой продукции. Конкурентоспособность продукции связана с двумя главнейшими показателями – уровнем цены и уровнем качества, соотношение «цена – качество» является необходимым условием сравнения образцов продукции и услуг. Второй показатель – качество – становится главным для потребителя. Показатели производительности труда, трудоемкости, материалоемкости, фондоемкости, энергоемкости являются уже не отдельными категориями, а входят в комплексные показатели качества. Постоянное улучшение качества продукции при снижении себестоимости – характерная тенденция работы всех ведущих фирм мира». [15]

«Качество расценивается уже как главный элемент для авторитета фирмы и стабильности имиджа. Благодаря качеству увеличиваются прибыль, объем продаж и улучшается финансовое положение предприятия. Работы в области менеджмента качества становятся первоочередными для всего персонала предприятия или фирмы, от руководителя до конкретного исполнителя. Разработка экономико-управленческих методик учета и анализа затрат на качество, оценка конкурентоспособности и технико-экономического уровня выпускаемой продукции, влияния мероприятий по повышению качества на экономические показатели предприятия, сравнение показателей новой продукции с аналогами ранее выпускаемой – это задачи сегодняшнего дня. И одна из важных и интересных задач современного производства – развитие стандартизации». [15]

«Технико-экономические основы стандартизации заключаются во-первых, в оценке эффективности от мероприятий по стандартизации и, во-вторых, в экономической оптимизации – минимизации затрат при использовании теоретических основ стандартизации – унификации, агрегатировании, комплексной и перспективной стандартизации и т.п.». [15]

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы.

Подробное описание производимого изделия, его технологического процесса, применяемой оснастки и инструмента, а также трудоемкость операций, представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы. Но для выполнения основной задачи данного раздела, наибольший интерес представляют только предложенные изменения в технологический процесс.

Предложенные изменения технологического процесса и результаты представлены на рисунке 11.

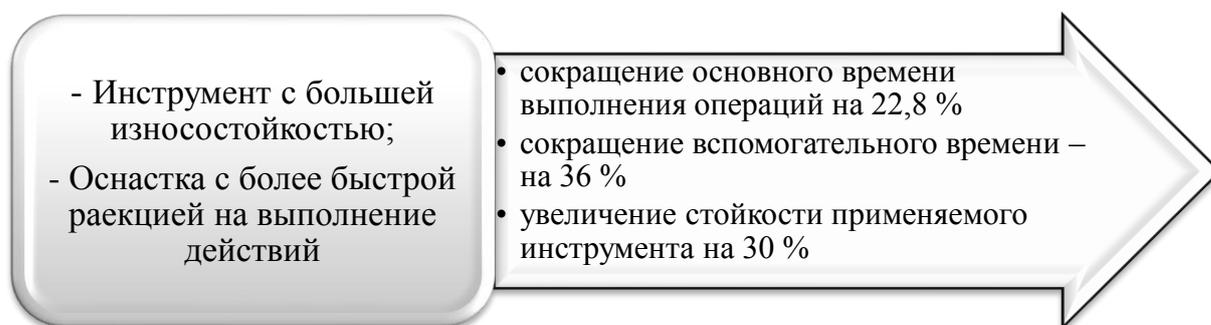


Рисунок 11 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 11, можно сделать предварительный вывод об эффективности предложенных совершенствований. Однако, для получения действительного подтверждения эффективности предложенных совершенствований, необходимо провести комплекс экономических расчетов. Этот комплекс, укрупнено, можно разделить на несколько этапов. Последовательность и название этапов, а также проводимые расчеты для их выполнения представлены на рисунке 12.

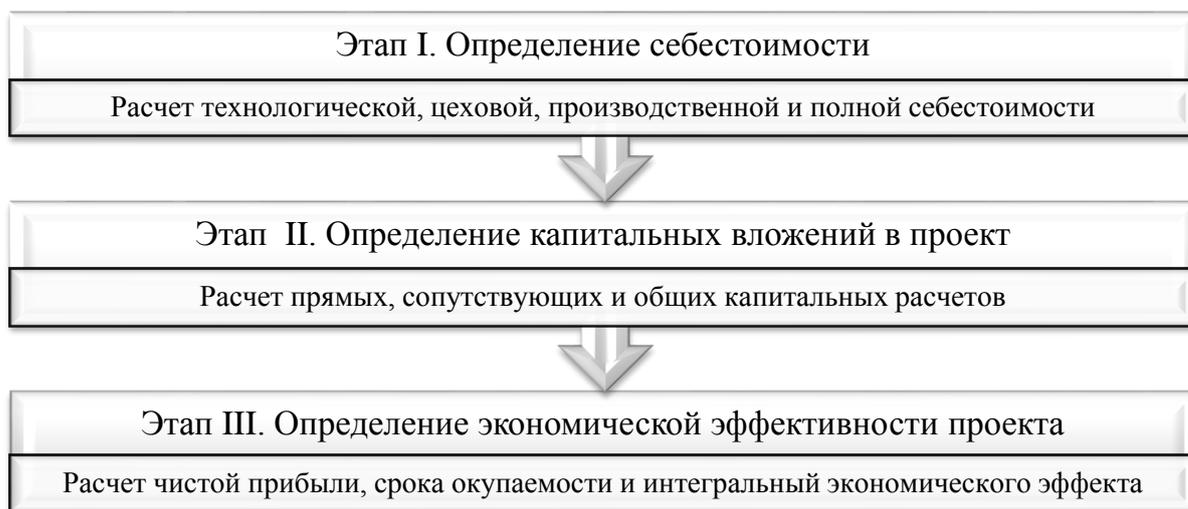


Рисунок 12 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 12 расчеты и методики для их проведения [17] позволят получить результаты и сделать итоговые выводы по эффективности предложенных мероприятий. Для упрощения выполнения перечисленных расчетов дополнительно используется программное обеспечение Microsoft Excel.

Результаты расчетов по определению себестоимости изготовления вала-шестерни двух сравниваемых вариантов представлены на рисунке 13.

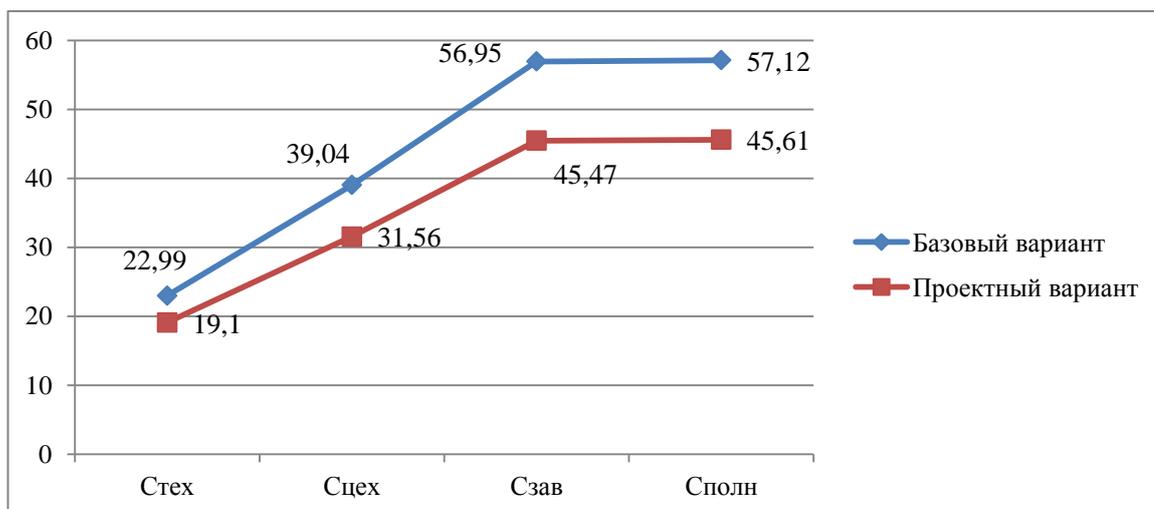


Рисунок 13 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 13 видно, что технологическая ($C_{ТЕХ}$), цеховая ($C_{ЦЕХ}$), производственная ($C_{ЗАВ}$) и полная ($C_{ПОЛН}$) себестоимости, по сравниваемым вариантам, в проектном варианте имеют меньшие значения. Это показывает снижение итоговых расходов на производство вала-шестерни после предложенных совершенствований на 20,15 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 14.

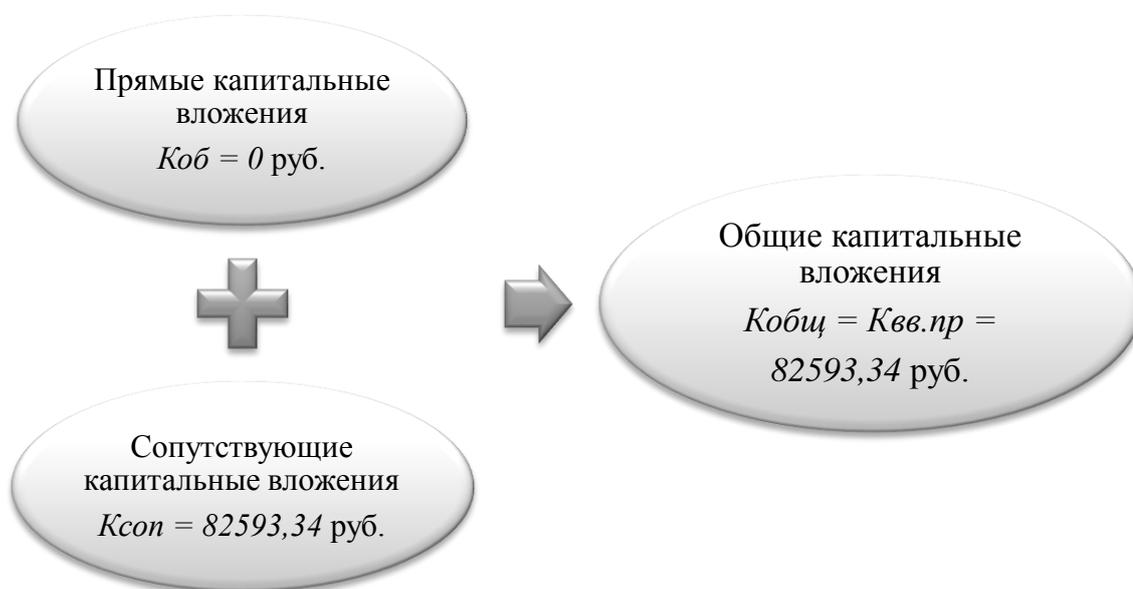


Рисунок 14 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 14 видно, что совершенствование технологического процесса не предполагает затраты в основное оборудование ($K_{ОБ}$), т.к. оно не меняется. Основные затраты приходятся на сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$), которые учитывают такие затраты как:

- затраты на проектирование – $Z_{ПР} = 73921,12$ руб.;
- затраты на оснастку – $K_{ПР} = 2443,27$ руб.;
- затраты на инструмент – $K_{И} = 5702,63$ руб.;
- оборотные средства в незавершенном производстве – $НЗП = 60,17$ руб.

Поэтому в предложенном проекте общие капитальные вложения или капитальные вложения в проект ($K_{ВВ.ПР}$) совпадают с величиной сопутствующих капитальных вложений.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности проекта представлены на рисунке 15.



Рисунок 15 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

Как видно из рисунка 15, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, т. к. это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 16097,32 руб.

Заключение

В результате выполнения работы нами был спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни привода вертикально-фрезерного станка заданного качества с минимальной себестоимостью, согласно заданной годовой программы выпуска.

Вначале нами проанализирована конструкция вала-шестерни вертикально-фрезерного станка, а также конструкция самого станка, куда входит данная деталь. Также проанализирован материал, из которого изготавливается вал-шестерня станка. Рассмотрены ее характеристики и химический состав. Также была проанализирована технологичность конструкции вала-шестерни.

В технологической части работы нами выполнен анализ типа применяемого машиностроительного производства и принят среднесерийный тип производства, также описаны основные характеристики среднесерийного машиностроительного производства. Далее проведено технико-экономическое сравнение двух наиболее подходящих методов получения заготовки для вала-шестерни и выбрана штамповка. Для изготовления каждой поверхности вала-шестерни выбраны методы механической обработки. На обработку самой точной поверхности в работе рассчитаны припуски. Далее был спроектирован технологический процесс и определены режимы резания на токарную 020 и шпоночно-фрезерную 030 операции.

Для базирования заготовки на шпоночно-фрезерной 030 операции разработана конструкция приспособления, имеющего механизированный привод. Это сократит время на снятие и закрепление заготовки.

Для этой же операции обработки шпоночного паза разработана конструкция монолитной твердосплавной концевой фрезы. Этот инструмент выполнен из твердого сплава Т15К6 и имеет в 3 раза большую стойкость, что снижает вспомогательное время операции 030, затрачиваемое на смену режущего инструмента.

Список используемой литературы

1. Балла О.М. Технологическая подготовка производства для станков с ЧПУ. Проектирование и изготовление специальных и специализированных фрез : учебное пособие для вузов / О.М. Балла. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 512 с.
2. Вереина Л. И. Metalлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
3. ГОСТ 12.4.252-2013. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытания. – 15 с.
4. ГОСТ 12.4.296-2015. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Респираторы фильтрующие. Общие технические условия. – 11 с.
5. ГОСТ 12195-66. Приспособления станочные. Призмы опорные. Конструкция. – 6 с.
6. ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры. – 7 с.
7. ГОСТ 22270-2018. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Термины и определения. – 28 с.
8. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – 12 с.
9. ГОСТ 4543-2016. Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. – 53 с.
10. ГОСТ EN 12840-2011. Станки токарные с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
11. ГОСТ Р 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
12. ГОСТ Р 59638-2021. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. – 24 с.

13. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: учебное пособие. – 3-е изд, стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 328 с.
14. Кожевников Д.В. Режущий инструмент : учебник для вузов / Д.В.Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев, А.Г.Схиртладзе ; под. общ. ред. С.В. Кирсанова. – 5-е изд., стереотип. – М. : Инновационное машиностроение, 2022. – 520 с.
15. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.
16. Козлов А. А. Расчет режимов резания : учебное пособие / А. А. Козлов, А. М. Козлов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 96 с.
17. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
18. Куклин Н.Г. Детали машин : Учебник. 9-е изд., перераб. и доп. / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2024. – 512 с.
19. Луценко В.А. Влияние химического состава на механические свойства легированной стали / В.А. Луценко, Т.Н. Голубенко, О.В. Луценко, А.С. Козачек // Литье и металлургия. №1(90). 2018. – С. 120-123.
20. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении : учебное пособие / Я. М. Радкевич, В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, М. С. Островский. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 272 с.
21. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

22. Семакина О.К. Технология химического машиностроения : учебное пособие / О.К. Семакина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 144 с.
23. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки и инструмент : учебник / М.Ю. Сибикин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 512 с.
24. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т.1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 756 с.
25. Угарова Л.А. Охрана труда : электронное учебно-методическое пособие для студентов очной формы обучения / Л.А. Угарова, Л.Н. Горина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. – 241 с.
26. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В. П. Шишкин, В. В. Закураев, А. Е. Беляев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 288 с.
27. Шрубченко И.В. Технология изготовления типовых деталей машин : учеб. Пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.А. Погонин [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 358 с.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.													
			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа					Тшт.		
			Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
О01	Нарезать зубчатый венец (поверхн. 1б, 17 и 18), выдерживая размеры: $m = 3,5$; $z = 21, 19^{\circ}43'14'' \pm 30'$, $123,5 \pm 0,080$, $62,344$; $\varnothing 72,861_{-0,12}$.														
Т02	XXXXXX Спец. приспособление; XXXXXX Резцы зубострогальные Р6М5 ГОСТ 5392 – 80; 394300 Прибор для комплексного														
Т03	контроля зубьев конических венцов ГОСТ 6507-81.														
А04	XX.XX.XX	040	5030	Термическая	ИОТ № 47										
Б05	313732 Установка индукционного нагрева														
А06	XX.XX.XX	045	4143	Центрошлифовальная	ИОТ № 76										
Б07	38 1312 8	Центрошлифовальный станок 3922			1	19630	322	1	1	1	142	1			
О08	Шлифовать центровые отверстия, выдерживая размеры $60^{\circ} \pm 30'$.														
Т09	XXXXXX Призмы опорные ГОСТ 12194 – 66; XXXXXX Головка шлифовальная коническая 10x20x3 КИ(ПК) 24AF16К6У35м/с 2кл.														
Т10	ГОСТ 2447-82. XXXXXX Прибор активного контроля БВ – 6060 – УНВ – 40 ГОСТ 8517 – 80.														
А11	XX.XX.XX	050	4131	Торцевруглошлифовальная	ИОТ № 76										
Б12	38 1311 2	Торцевруглошлиф. ст-к ЧПУ ХШ4-104Ф20			1	19630	322	1	1	1	142	1			
О13	Шлифовать поверхности 7, 9, выдерживая размеры: $\varnothing 35,1_{-0,038}$, $\varnothing 5$; шлифовать поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 32,0_{-0,016}$.														
О14	шлифовать поверхность 6, выдерживая размер $45 \pm 0,31$.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1116-82 Форма 1а

Дубл. Взам. Подп.																		
	цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
А	Обозначение документа																	
Б																		
О01	196110 Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 397130 Круг 1 250' 35' 76.2 25А F40 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТР 52781 – 2007(2 шт);																	
Т02	Круг 1 250'35'76.2 25А F40 К6 V40 м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007; XXXXXX Прибор акт. контр. БВ – 6060 – УНВ – 40 ГОСТ 8517-80.																	
А03	XX.XX.XX 055 4158 Зубопритирочная ИОТ № 74																	
Б04	38.1578 4 Зубопритирочный станок 5736 1 12277 322 1 1 1 142 1																	
О05	Притереть боковые поверхности 17 и 18 зубчатого венца, выдерживая размеры: $m = 3.5$, $z = 21$, $19^{\circ}43'14'' \pm 15'$,																	
О06	123.5 ± 0.031 , $\varnothing 62.344_{-0.046}$, $\varnothing 72.861_{-0.046}$.																	
Т07	XXXXXX Шестерни конические – притиры; 394300 Прибор комплексного контроля зубьев конического колеса ГОСТ 5378-88.																	
А08	XX.XX.XX 060 4131 Круглошлифовальная программная ИОТ № 76																	
Б09	38 1311 1 Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-400.2 1 19630 322 1 1 1 142 1																	
О10	Шлифовать поверхности 7 и 9, выдерживая размер $\varnothing 36_{-0.002}^{+0.018}$.																	
О11	196110 Патрон мембранный ГОСТ 3889_80; 397130 Круг 1 250' 35' 76.2 25А F16 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТР 52781 – 2007 (2 шт)																	
Т12	XXXXXX Прибор активного контроля БВ – 6060 – УНВ – 40 ГОСТ 8517 – 80.																	
А13	XX.XX.XX 065 0125 Моечная ИОТ № 59																	
Б14	X74306 Промысловый агрегат МЭ - 400																	
МК																		

