

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>А.А. Антоневи́ч</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>А.М. Кривова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2024

Аннотация

Автор: Антоневи́ч Анна Андреевна.

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

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

С начала в работе рассматривается вопрос о назначении сборочной единицы, в которую входит вал-шестерня. Этим сборочным агрегатом является горизонтально-фрезерный станок. Потом рассматривается конструкция вала-шестерни на предмет ее технологичности и правильности выбора материала для нее по принципу бережливого производства.

После рассмотрения конструкции вала-шестерни мы определяемся с типом машиностроительного производства для дальнейшего проектирования. Согласно массы и годовой программы выпуска мы определили тип производства. Им оказалось среднесерийное производство. После этого был проведен расчет наиболее выгодного метода получения заготовки для вала-шестерни. По результатам расчета выбрана поковка. Для проектирования технологического процесса нами был проведен расчет припусков для одной из самых точных поверхностей вала-шестерни.

Для установки и крепления заготовки на токарной операции разработана конструкция самозажимного токарного патрона. При включении вращения шпинделя токарного станка на эксцентрикковые кулачки патрона начинает действовать центробежная сила и они с достаточной силой зажимают деталь, преодолевая силы резания.

Для формирования зубчатого венца вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка нами спроектирована конструкция червячной фрезы.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	7
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	12
2.1 Определение типа производства.....	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	13
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	16
2.5 Определение припусков.....	22
2.6 Определение режимов обработки.....	25
3 Проектирование приспособления.....	32
3.1 Исходные данные.....	33
3.2 Силовой расчет.....	34
4 Проектирование режущего инструмента.....	38
4.1 Исходные данные.....	41
4.2 Расчет червячной фрезы.....	42
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	43
5.1 Конструкторско-технологическая и организационно- техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	44
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	45
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	46
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	47

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	48
6 Экономическая эффективность работы.....	50
Заключение.....	54
Список используемой литературы.....	55
Приложение А. Технологическая документация.....	58

Введение

Станкостроение на сегодняшний день является основой большого количества отраслей промышленности. Ведь от станкостроения зависит наличие промышленного оборудования для производства какой-либо продукции. Это своего рода производство средств производства.

Металлорежущие станки являются основным оборудованием машиностроительного производства. На них обрабатываются детали из металлов, сплавов и полимерных материалов механическим и другими способами. Metallорежущие станки по назначению делятся на несколько групп. Также станки подразделяют по степени автоматизации и габаритам.

Фрезерные металлорежущие станки подразделяются на горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные и продольно-фрезерные. Горизонтально-фрезерные станки отличаются от остальных тем, что имеют один шпиндель, расположенный горизонтально основанию. Горизонтально-фрезерные станки обычно имеют два следующих отдельных привода: привод главного движения (вращения шпинделя) и привод подач (продольной, поперечной и вертикальной). Приводы в основном состоят из электродвигателя, валов, шестерен и муфт.

Вал-шестерня горизонтально-фрезерного станка входит в привод подач. Она предназначена для восприятия вращательного движения посредством шпоночного соединения и передачи вращения блоку зубчатых колес, входящих в коробку подач станка. Вал-шестерня является ответственным звеном горизонтально-фрезерного станка. От качества ее изготовления зависит качество работы станка и, соответственно, качество деталей, изготавливаемых на этом оборудовании.

Целью данной работы является проектирование техпроцесса изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка заданного качества с необходимым количеством и минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

«Фрезерные станки предназначены для обработки плоских и фасонных поверхностей. Главным движением у фрезерных станков является вращение фрезы, движения подач – относительные перемещения фрезы и заготовки. В зависимости от расположения узлов (компоновки) фрезерные станки бывают консольные и бесконсольные». [1]

«Основным отличием консольных станков является наличие консоли, перемещающейся по вертикальным направляющим станины. На консоли размещены салазки и несущий стол. На столе в приспособлении закрепляется обрабатываемая заготовка». [1]

«Наибольшими технологическими возможностями обладают широкоуниверсальные станки. Они предназначены для работы в условиях единичного производства. Помимо расположенных под любым углом плоскостей, пазов, винтовых канавок и т.п. на станках можно обрабатывать объемные фасонные поверхности, например, штампов. Большинство фрезерных консольных станков выпускают по классу Н». [21]

«Шпиндель 1 горизонтально-фрезерного станка (рисунок 1) находится в верхней части стойки 9. Шпиндель расположен горизонтально. Станок имеет выдвижной хобот 2, на котором находится поворотная головка 3. Эта поворотная головка имеет свой независимый привод. К ней может быть присоединена головка 4, которая также может иметь свой независимый привод. Инструменты на станке устанавливаются на оправках или в шпинделях. Оправка с фрезами может быть довольно массивной, поэтому на хоботе смонтированы серьги 5, которые являются дополнительной опорой массивной оправки». [21]

«Чаще всего движения в коробку скоростей, расположенной в стойке станка, и коробку подач, расположенной в консоли 8, снимаются с отдельных электродвигателей». [21]

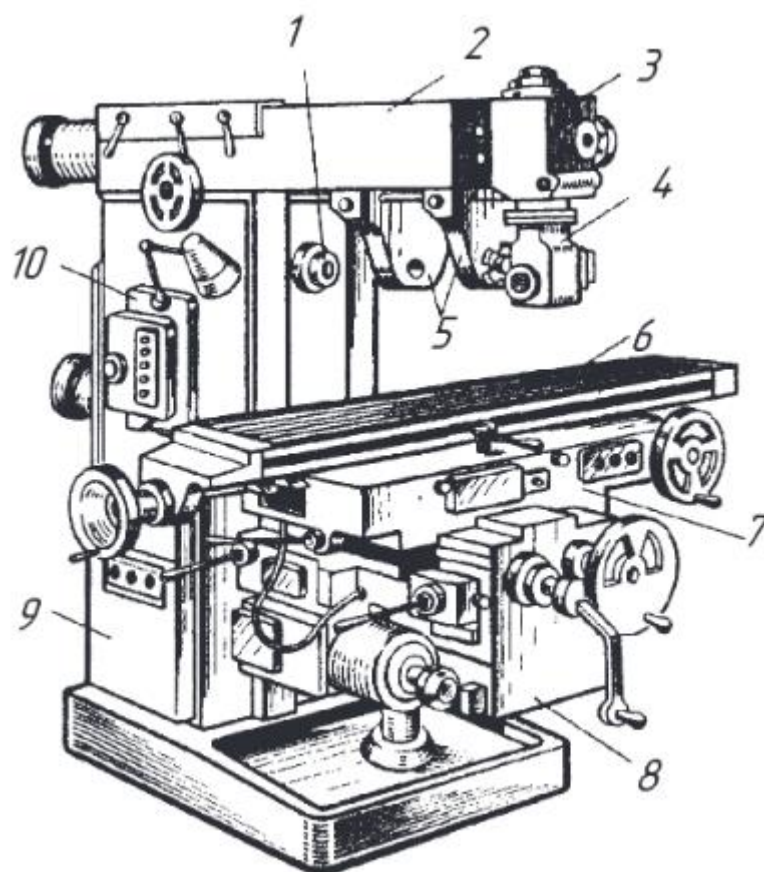


Рисунок 1 – Горизонтально-фрезерный станок

«Заготовка получает продольное движение от стола 6 (неповоротного), поперечное – от салазок 7, вертикальное – от консоли 8, которая представляет собой коробку с большим вылетом относительно направляющих, сопрягающих ее со стойкой 9. В консоль встроена коробка передач, в стойку – коробка скоростей 10 основного шпинделя». [21]

1.1 Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня горизонтально-фрезерного станка входит привод подач. Она предназначена для восприятия вращательного движения посредством шпоночного соединения и передачи вращения блоку зубчатых колес, входящих в коробку подач станка. Вал-шестерня является ответственным

звеном горизонтально-фрезерного станка. От качества ее изготовления зависит качество работы станка и, соответственно, качество деталей, изготавливаемых на этом оборудовании.

1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка пронумеруем каждую из ее поверхностей и представим это на рисунке 2.

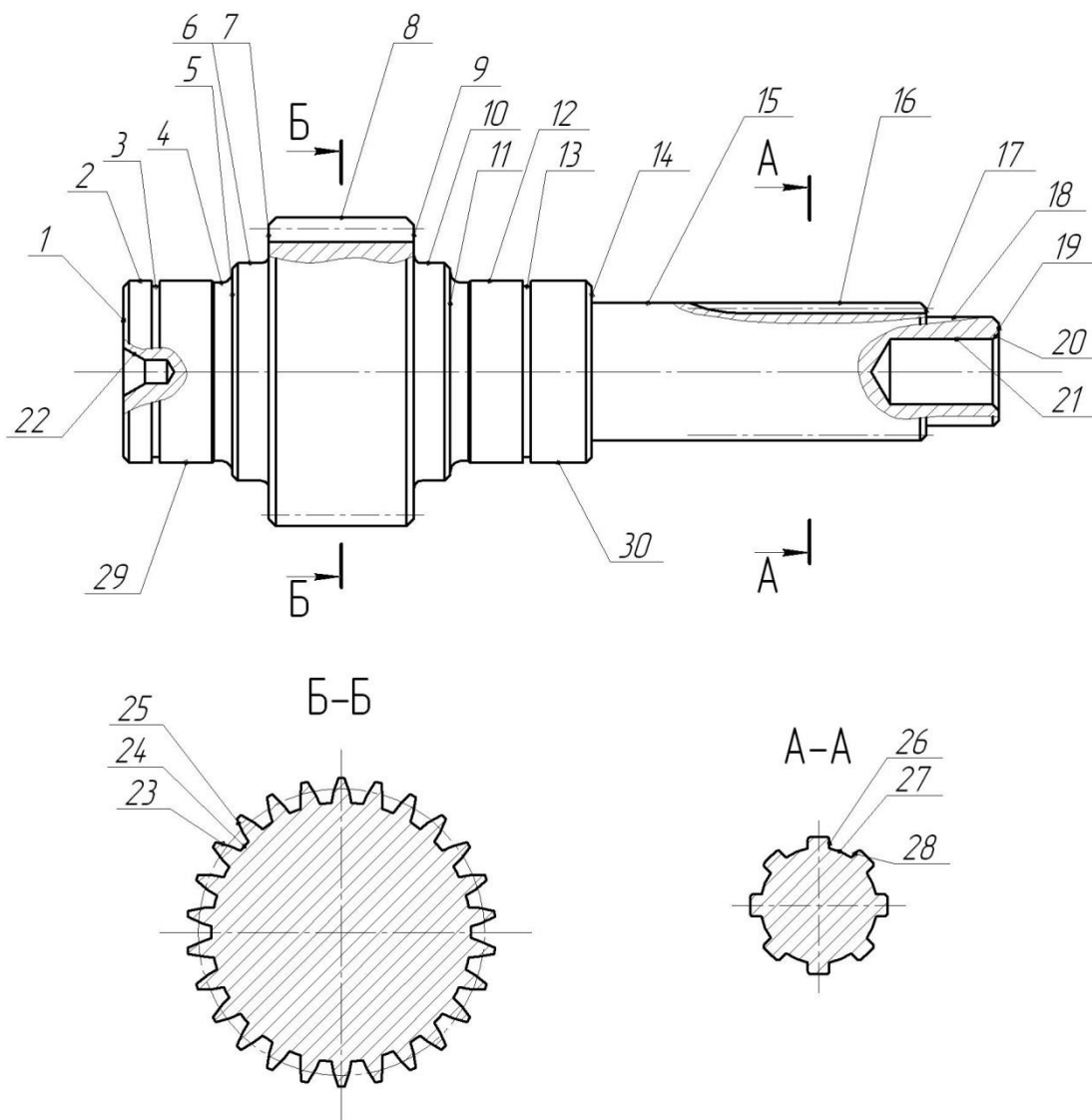


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями вала-шестерни являются поверхности 23, 25, 26, 28.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни являются поверхности 11, 12, 29.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни являются поверхности 5 и 18.

Оставшиеся поверхности – свободные.

Зубчатое колесо и вал производят в двух принципиально отличающихся исполнениях. Они могут быть выполнены совместно, тогда это выглядит, как вал-шестерня. А могут они выполняться отдельно, тогда это сборочная единица, где шестерня с валом соединяются дополнительным элементом, которым может быть шпонка или нарезанные шлицы, что усложняет конструкцию. Очевидно, что жесткость монолитной вала-шестерни выше сборочной конструкции. Разъемная конструкция выгодна по ремонтпригодности. То есть при какой-либо поломке возможна замена лишь одного компонента конструкции.

«Шестерни редукторов выполняют как одно целое с валом». [22]

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка является сталь 40X ГОСТ 4543-2016 [7], которая содержит около 0,40% углерода (С) и около 1% хрома (Cr). Остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

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

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40X

δ_5	σ_B	НВ	ψ
%	МПа	не более	%
10	980	248	45

«Сталь подразделяют:

- по способам выплавки и переплава на: мартеновскую, кислородно-конвертерную, открытой дуговой/индукционной выплавки (далее – выплавленную в электропечах), электрошлакового переплава, вакуумно-дугового переплава;

- по способу разливки стали: с внепечной обработкой, без внепечной обработки;

- по способу разливки стали: в слиток, в непрерывно-литую заготовку;

- в зависимости от требований к химическому составу, качеству поверхности и макроструктуре металлопродукции из нее на классы: качественная, высококачественная (сталь с повышенными требованиями к химическому составу и макроструктуре металлопродукции из нее по сравнению с качественной сталью), особовысококачественная (сталь, выплавленная в вакуумно-индукционной печи или с применением переплавок, с повышенными требованиями к химическому составу, качеству поверхности и макроструктуре металлопродукции из нее по сравнению с качественной и высококачественной сталью)». [7]

«Наименование марок стали состоит из цифр и буквенного обозначения химических элементов. Цифры перед буквенным обозначением указывают среднюю массовую долю углерода (С) в стали в сотых долях процента». [7]

«Химические элементы обозначены следующими буквами:

В – вольфрам (W);

Г – марганец (Mn);

М – молибден (Mo);

Н – никель (Ni);

Р – бор (B);

С – кремний (Si);

Т – титан (Ti);

Ф – ванадий (V);

X – хром (Cr);

Ю – алюминий (Al)». [7]

«Цифры, стоящие после букв, указывают примерную массовую долю легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в стали содержится до 1,5% этого легирующего элемента». [7]

«Металлопродукцию подразделяют:

- по способу производства на: горячекатанную, кованную, калиброванную, со специальной отделкой поверхности;

- по форме сечения: круглого (круг), квадратного (квадрат), шестигранного (шестигранник), прямоугольного (полоса);

- по виду поставки: в прутках, в мотках, в полосах;

- по состоянию поставки: без термической обработки, термически обработанную, нагартованную;

- по видам термической обработки: отожженную, высокоотпущенную, нормализованную, нормализованную с высоким отпускком, закаленную с отпускком». [7]

Анализируя чертеж вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, мы видим, что все поверхности довольно доступны для подхода режущего инструмента и контрольного инструмента, имеются канавки (поверхности 4 и 10) для выхода режущего инструмента при их обработке, конструкция не является особенно сложной, поэтому делаем вывод о достаточной технологичности конструкции вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Под типом производства понимается совокупность организационно-технических и экономических особенностей производства, обусловленных номенклатурой изготавливаемых изделий, объемами и степенью регулярности выпуска одноименной продукции. Тип производства как категория организации производства характеризует широту номенклатуры продукции, регулярность, стабильность выпуска и объема производства продукции на предприятии». [14]

«Степень постоянства занятости рабочих мест одной и той же работой определяет три основные типа организации производства: массовый, серийный, единичный». [14]

«Массовый тип производства характеризуется постоянной повторяемостью одних и тех же видов работ в технологической цепи, в планируемом периоде и непрерывным движением предметов труда в производственном процессе». [14]

«Серийный тип производства характеризуется регулярной повторяемостью одних и тех же работ на рабочих местах в планируемом периоде. На каждом рабочем месте выполняется несколько видов производственных операций. Движение предметов труда в производственном процессе характеризуется прерывностью. Продукция производится партиями». [14]

«Разновидности серийного производства: крупносерийное, серийное, мелкосерийное». [14]

«Единичный тип производства характеризуется нерегулярной повторяемостью или отсутствием повторяемости работ на рабочих местах в плановом периоде и непрерывным движением предметов труда в производственном процессе». [14]

Для нашего случая при определении типа машиностроительного производства для изготовления партии валов-шестерен горизонтально-фрезерного станка будем ориентироваться на два основных показателя, это годовая программа выпуска $N = 5000$ деталей в год, а также масса детали $m = 3,8$ кг. По этим показателя принимаем среднесерийное производство.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В среднесерийном производстве применяемое оборудование – специализированное, универсальное, расположено группами по признакам технологической однородности. Технология – маршрутно-операционная, нормативы менее точные, сборка изделий и механическая обработка на многопредметных поточных линиях. Используемая оснастка – специальная, специализированная, универсальная. Персонал обладает более высокой квалификацией, чем в массовом типе производства». [14]

«Факторы эффективности: изменение длительности производственного цикла за счет применения различных видов движения; увеличение производительности при использовании групповых методов организации производства; сложная система планирования, учета, обслуживания». [14]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Как правило, деталь изготавливают в два этапа. Сначала получают заготовку, которая в какой-то степени по форме и размерами приближается к готовой детали. Степень этого приближения может быть разной и определяется особенностями использования технологического процесса заготовительного производства (ковка, штамповка, литье и так далее). Выбор того или иного метода получения заготовки и соответствующего технологического процесса определяется целым рядом условий технического и экономического характера». [20]

«Не вдаваясь в подробности и особенности этого выбора, обратим внимание лишь на то, что при сравнении заданных на чертеже детали показателей точности поверхностей с достигнутыми на заготовке может оказаться, что для некоторых из них уже выполняется условие, которое может быть записано в следующем виде:

$$TA_{заг} = \omega A_{заг} \leq TA_{дет} \rangle. [20] \quad (1)$$

«Это означает, что такие поверхности не требуют дальнейшей обработки, могут остаться на детали необработанными (их иногда называют «черными»). Таким образом, можно считать, что первой технологической возможностью достижения заданных показателей точности поверхности является выбор соответствующего метода получения заготовки». [20]

«Чем точнее метод получения заготовки, тем для большего количества поверхностей детали может быть достигнуто выполнение условия (1). Конечно же, желательно получать в заготовке как можно больше (если не все) поверхностей с требуемой точностью и тем самым уменьшить объем и стоимость последующей обработки детали. Однако известно, что достижение более высокой точности заготовки приводит к значительному ее удорожанию. Удорожание более точных заготовок может превысить экономию от уменьшения объема и стоимости ее последующей обработки по сравнению с менее точными заготовками. Выбор метода получения заготовки – всегда задача технико-экономическая, имеющая оптимальное решение по критерию оптимизации «Общая стоимость изготовления детали». [20]

В нашем случае рациональнее всего заготовку для вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка можно получить двумя способами, а именно штамповкой или прокатом. При этом достигается необходимая форма. При штамповке [9] масса заготовки будет $m = 5,3$ кг, а при прокате [6]

$m = 12,2$ кг. Далее выполним технико-экономический расчет этих двух вариантов.

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

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

где $C_c = 0,495; E_n = 0,15; C_k = 1,085$ ». [17]

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

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

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

где $C_{\text{ум}} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_m = 1,0; k_n = 1,0$ ». [17]

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

«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 $Q_{\text{ум}} = 5,3; q = 3,8; C_{\text{отх}} = 0,0144$ ». [17]

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 5,3 + 0,6723(5,3 - 3,8) - (5,3 - 3,8)0,0144 = 2,4258$$

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

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

где $Q_{\text{пр}} = 12,2; q = 3,8; C_{\text{отх}} = 0,0144$ ». [17]

$$C_{mn} = 0,2219 \cdot 12,2 + 0,6723(12,2 - 3,8) - 0,0144(12,2 - 3,8) = 8,2335 \text{ руб.}$$

В результате технико-экономического обоснования дешевле себестоимость оказалась у заготовки-штамповки, поэтому далее будем рассматривать этот вариант получения заготовки.

«Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_D}{M_3} \text{». [17]} \quad (6)$$

$$K_{им} = \frac{3,8}{5,3} = 0,72.$$

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

Чертеж заготовки для изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Проектирование общего маршрута обработки детали начинается обычно с установления последовательности и методов обработки отдельных ее поверхностей. При выборе метода обработки поверхностей исходят из его технологических возможностей:

- возможность по обеспечению точности и качества поверхности;
- величина снимаемого припуска;
- время обработки в соответствии с заданной производительностью».

[23]

«Выбор конкретного метода обработки производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки».

[23]

«Средней экономической точностью обработки называют точность, которую может дать рабочий средней квалификации, работая на станке

обычным методом. Ориентировочные справочные данные по точности, полученные систематизацией наблюдений, полученные в производственных условиях, приведены в справочной литературе». [23]

«Обработка каждой поверхности детали представляет собой совокупность методов обработки, выполняемых с определенной последовательности. Последовательность устанавливается на основе требований рабочего чертежа детали и исходной заготовки:

- заданная точность и качество поверхностей позволяют выбрать методы (один или несколько) их окончательной обработки;

- вид исходной заготовки позволяет выбрать методы начальной обработки;

- методы окончательной и начальной обработки позволяют выбрать промежуточные методы;

- вид заданной термической обработки одной поверхности позволяет судить о ее месте в последовательности обработки поверхности». [23]

«Каждый последующий переход обработки одной поверхности должен быть точнее предыдущего». [23]

«Для одной и той же поверхности могут быть применены различные варианты методов обработки, обеспечивающие одинаковое состояние обрабатываемой поверхности. Число возможных вариантов обработки поверхности может быть значительным. Все они различны по производительности и рентабельности». [23]

Поверхность 1 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центrovально-подрезная обработка.

Поверхность 2 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 9. Форма поверхности цилиндрическая

наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 3 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 4 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности коническая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 5 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 6 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 7 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 8 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 10. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 9 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 10 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 11 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 12 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,8; точность поверхности IT 6. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое круглое шлифование.

Поверхность 13 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 14 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 15 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 16 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,8; точность поверхности IT 7. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое круглое шлифование.

Поверхность 17 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 18 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 1,6; точность поверхности IT 6. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое круглое шлифование.

Поверхность 19 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Поверхность 20 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 1,6; точность поверхности IT 9. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центровально-подрезная и центрошлифовальная обработка.

Поверхность 21 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Поверхность 22 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 1,6; точность поверхности IT 9. Форма поверхности плоская торцовая. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центровально-подрезная и центрошлифовальная обработка.

Поверхность 23 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 1,6; точность поверхности IT 7. Форма поверхности эвольвентная наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: зубофрезерная и зубошлифовальная обработка.

Поверхность 24 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: зубофрезерная обработка.

Поверхность 25 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 1,6; точность поверхности IT 7. Форма поверхности эвольвентная наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: зубофрезерная и зубошлифовальная обработка.

Поверхность 26 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 9. Форма поверхности плоская наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: шлицефрезерная обработка.

Поверхность 27 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 12. Форма поверхности плоская наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: шлицефрезерная обработка.

Поверхность 28 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 9. Форма поверхности плоская наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: шлицефрезерная обработка.

Поверхность 29 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,8; точность поверхности IT 6. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая

последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое круглое шлифование.

Поверхность 30 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 6,3; точность поверхности IT 9. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

2.5 Определение припусков

«В настоящее время в машиностроении применяются два метода установления припуска на обработку – опытно-статистический и расчетно-аналитический». [27]

«При использовании опытно-статистического метода припуски устанавливаются по таблицам, которые составлены на основе обобщения практических данных передовых производств. Его недостатком является то, что припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов. Например, общие припуски – без учета маршрута обработки данной поверхности, промежуточные – без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки. В связи с этим опытно-статистические припуски во многих случаях завышены, так как ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть наибольшим во избежание брака». [27]

«Расчетно-аналитический метод определения припусков более трудоемок, однако лишен указанного недостатка. В соответствии с этим методом промежуточный припуск, назначаемый для определенного перехода, должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующем технологическом переходе, а также возникающая при выполняемом переходе погрешность установки заготовки». [27]

«Расчетно-аналитический метод базируется на учете конкретных условий выполнения технологического процесса, позволяя выявить возможности экономии материала и снижения трудоемкости механической обработки». [27]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 29 с параметрами качества $\varnothing 50k6^{+0,018}_{+0,002}$ мм, $L = 14,5$ мм, $Ra = 0,8$ мкм.

«Суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \text{ ». [26] } \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,2 = 0,550.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063.$$

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

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

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

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

«Максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \text{ ». [26] } \quad (9)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,550^2 + 0,025^2} = 0,951.$$

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

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

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,951 + 0,5(2,20 + 0,25) = 2,176.$$

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

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

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

«Значения размеров на каждом переходе (мм)». [26]

$$d_{4\min} = 50,002.$$

$$d_{4\max} = 50,018.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 50,018 + 2 \cdot 0,060 = 50,138.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 50,138 + 0,016 = 50,154.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 50,154 + 2 \cdot 0,125 = 50,404.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 50,404 + 0,100 = 50,504.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 50,504 \cdot 0,999 = 50,453.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 50,453 + 0,062 = 50,515.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 50,515 + 2 \cdot 0,263 = 51,041.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 51,041 + 0,250 = 51,291.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 51,291 + 2 \cdot 0,951 = 53,193.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 53,193 + 2,200 = 55,393.$$

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \text{». [26] \tag{10}}$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(55,393 + 53,193) = 52,293.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(51,041 + 51,291) = 51,166.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(50,453 + 50,515) = 50,484.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(50,404 + 50,504) = 50,454.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(50,154 + 50,138) = 50,146.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(50,002 + 50,018) = 50,010.$$

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{4min} - d_{0max} \text{»}. [26] \quad (11)$$

$$2Z_{min} = 53,193 - 50,018 = 3,175.$$

$$\text{«} 2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4 \text{»}. [26] \quad (12)$$

$$2Z_{max} = 3,175 + 2,200 + 0,016 = 5,391.$$

$$\text{«} 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}) \text{»}. [26] \quad (13)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(5,391 + 3,175) = 4,283.$$

В результате расчета припусков мы определили припуски при обработке поверхности 29, что будем использовать при проектировании операций изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка и расчете режимов обработки этой поверхности. Остальные припуски определим табличным способом.

2.6 Определение режимов обработки

«При назначении элементов режимов резания обычно учитывают: характер обработки, требования к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, тип и состояние оборудования, материал и

состояние заготовки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части и так далее. Элементы режимов резания принято назначать в следующей последовательности». [29]

«Первоначально устанавливают глубину резания t . При однократной или черновой (предварительной) обработке величину t принимают по возможности максимальной, равной всему припуску на обработку или большей его части. Это приводит к сокращению числа рабочих ходов. При чистовой и окончательной обработке величина t назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности». [29]

«Далее назначают подачу S . При черновой обработке S выбирают максимально возможной исходя из прочности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, прочности режущего инструмента и других ограничивающих факторов. При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности. Нужные значения S чаще принимают по справочным таблицам. Табличные значения подач сопоставляют с имеющимися на станке. Окончательно назначают ближайшую меньшую величину S ». [29]

«Последней по эмпирическим формулам, выведенным для каждого вида обработки, рассчитывают скорость резания V ». [29]

2.6.1 Определение режимов обработки на операцию 020.

На токарной операции 020 первым в обработку вступает канавочный резец Т1, которым на валу-шестерне горизонтально-фрезерного станка выполняется плоская канавка. Далее другим канавочным резцом Т2 выполняется фасонная канавка, имеющая радиус скругления R3. Завершает работу контурный резец, который обрабатывает наибольшее количество поверхностей вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,5$. [24]

Подача $S = 0,3$. [24]

«Скорость резания

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

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; V_0 = 180$ ». [24]

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

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ ». [24] \quad (15)}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 47} = 1219,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ ». [24] \quad (16)}$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1000}{1000} = 147,6 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \text{ ». [24] \quad (17)}$$

$$S = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \text{ ». [24] \quad (18)}$$

$$T_0 = \frac{2}{300} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3$. [24]

Подача $S = 0,2$. [24]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 49} = 1169,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49 \cdot 1000}{1000} = 153,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1}{300} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 0,3$. [24]

Подача $S = 0,2$. [24]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 85,5} = 670,5 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85,5 \cdot 630}{1000} = 169,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{187}{126} = 1,48 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 1,48 = 1,50, \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов обработки на операцию 035.

«Длина рабочего хода

$$L_{p.x.} = L_p + L_{\Pi} + L_{\Delta}, \quad (19)$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – длина врезания и перебега;

L_{Δ} – дополнительная длина хода». [24]

«Длина резания

$$L_p = b \cdot q, \quad (20)$$

где b – ширина венца;

q – количество одновременно обрабатываемых деталей». [24]

$$L_p = 40 \cdot 1 = 105.$$

$$L_{\Pi} = 15.$$

$$L_{\Delta} = 0.$$

$$L_{p.x.} = 40 + 15 + 0 = 55 \text{ мм.}$$

«Осевая подача

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (21)$$

где $S_{0,табл}$ – подача по таблице [27];

K_1 – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

K_2 - коэффициент, определяемый углом наклона зуба». [24]

$$S_{0,табл} = 2; K_1 = 1; K_2 = 1. [24]$$

$$S_0 = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (22)$$

где $V_{табл} = 67; K_1 = 1; K_2 = 1; K_3 = 1. [24]$

$$V = 67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 67 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 100} = 213,4 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

Скорость резания

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

Осевая передвижка

$$B = 12. [24]$$

«Число осевых передвижек фрезы

$$W = \frac{l_p - (l_n + l_k)}{B}, \quad (23)$$

где l_p – длина рабочей части фрезы;

l_n, l_k – величины начальной и конечной установки фрезы». [24]

$$l_p = 100. [24]$$

«Начальная установка фрезы

$$l_n = -\frac{3\pi \cdot m \cdot K}{\cos\beta} + \frac{\pi \cdot m}{4} \text{. [24]} \quad (24)$$

«Конечная установка фрезы

$$l_k = -\frac{1,1 \cdot \pi \cdot m \cdot K}{\cos\beta} + \frac{\pi \cdot m}{4} \text{,} \quad (25)$$

где K - коэффициент, определяемый числом зубьев колеса». [24]

$$K = 0,5. \text{ [24]}$$

$$l_n = -\frac{3 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 3}{4} = -11,775.$$

$$l_k = -\frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 3}{4} = -2,826.$$

$$W = \frac{100 - (-11,775 - 2,826)}{12} = 9,55.$$

$$W = 10.$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q} \text{,} \quad (24)$$

где z_1 – количество заходов фрезы». [24]

$$z_1 = 3.$$

$$T_0 = \frac{120 \cdot 15}{200 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1} = 1,50, \text{ мин.}$$

Расчитанные режимы резания на токарную и зубофрезерную операции технологического процесса изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка используем для проектирования технологических наладок, представленных в графической части работы, а также для заполнения технологической документации, представленной в приложении.

3 Проектирование приспособления

«Под станочным приспособлением понимается устройство, связывающее обрабатываемую заготовку с металлообрабатывающим станком, фиксирующее ее положение относительно режущего инструмента и удерживающее заготовку в процессе резания. Станочные приспособления должны быть конкурентоспособными, безопасными, технологичными, точными, жесткими, надежными, долговечными, удобными, компактными и не выходящими за рамки рабочей поверхности стола станка (за исключением органов управления), при этом обеспечивать легкое управление, свободный выход стружки из рабочей зоны. Перечисленные требования не исключают возможности применения других, не противоречащих им нормативов и инструкций». [16]

«Для обеспечения точности установки приспособления на станке производится его дополнительная выверка. Каждое станочное приспособление имеет паспорт и инструкцию по эксплуатации. В паспорте указывается периодичность планового контроля приспособлений, в него заносятся результаты контроля и степень пригодности к его дальнейшей эксплуатации». [16]

«Системой станочного приспособления является совокупность приспособлений, имеющих единый характер агрегатирования, закономерная для какой-либо производственной области (типы производства, конструкторско-технологических особенностей крупных типовых групп изделий и т.д.)». [16]

«Переналаживаемым станочным приспособлением является то, которое может быть перестроено для выполнения одноименных или разноименных операций путем смены наладок регулирования или перекомпоновки элементов». [16]

«Непереналаживаемым станочным приспособлением является приспособление, не поддающееся перенастройке и используемое для выполнения одной, конкретной операции». [16]

«Под качеством станочного приспособления понимается совокупность свойств, включая следующие требования:

- системность, соответствие приспособления специфике окружающей производственной среды;
- оптимальность параметрического ряда;
- обратимость;
- технологичность;
- обеспечение безопасности производительности труда и заданной точности изготовления изделия;
- долговечность;
- надежность;
- выполнение требований технической эстетики». [16]

«На факторы, влияющие на формирование схем агрегатирования систем конструкций станочных приспособлений, воздействуют особенности среды, в условиях которой они эксплуатируются». [16]

3.1 Исходные данные

На 020 токарной операции обрабатывается заготовка для изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка. Обработка выполняется за три перехода. На первом и втором переходе выполняются канавки, при этом работают резцы канавочные. На третьем переходе выполняется точение контура резцом контурным ГОСТ 18878-73. [5] Эскиз операции представлен на рисунке 3.

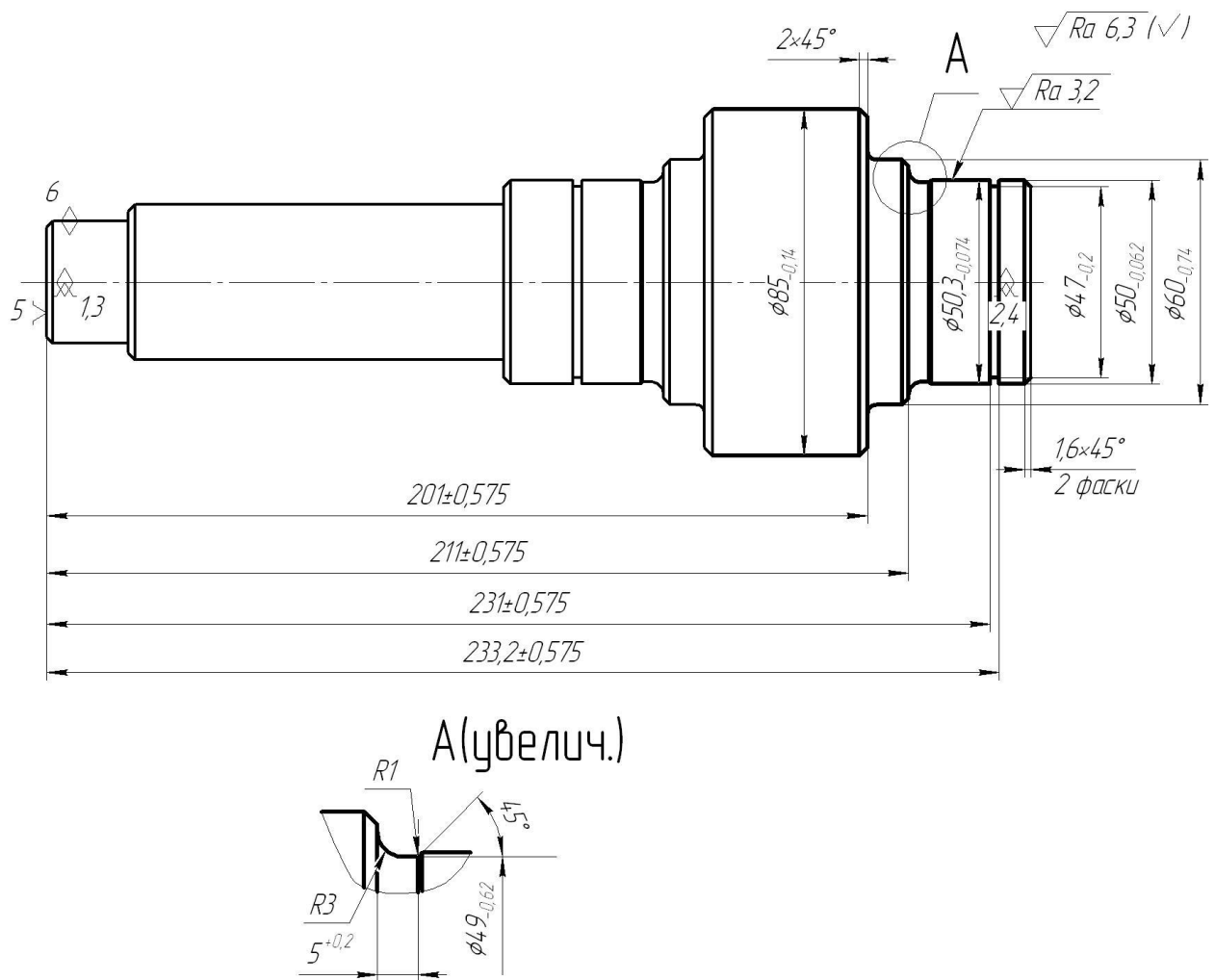


Рисунок 3 – Эскиз операции 020

Выполним расчет сил.

3.2 Силовой расчет

«Рассчитаем составляющие силы резания»

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (25)$$

где C_p, n, x, y – коэффициенты и показатели степеней, учитывающие конкретные условия обработки;

V – скорость резания;

t - глубина резания;

S - подача;

K_p - коэффициент учитывающий условия обработки». [28]

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{п_z} \cdot K_{np_z} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,24.$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{п_y} \cdot K_{np_y} = 1,22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,68.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 1681^{-0,15} \cdot 1,24 = 154,7, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 1681^{-0,3} \cdot 1,68 = 113,05, \text{ Н.}$$

«Центробежная сила равна

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R \text{.} \quad [28] \quad (23)$$

С другой стороны она определяется как

$$\text{«} P_{ц} = \frac{m \cdot v^2}{R} \text{,} \quad (24)$$

где m – масса груза;

ω – угловая скорость вращаемого груза относительно оси шпинделя;

R – расстояние от центра тяжести груза до оси вращения патрона;

v – линейная скорость вращения центра тяжести груза». [28]

«Угловая скорость

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{,} \quad (25)$$

где n – частота вращения шпинделя». [24]

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 630}{30} = 65,9 \text{ рад/с.}$$

$$P_{\text{ц}} = 3,8 \cdot 65,9^2 \cdot 0,055 = 300,01 \text{ Н.}$$

«Сила зажима определяется, как

$$W = P_{\text{ц}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ, \quad (26)$$

Z – число кулачков патрона». [28]

$$W = 300,01 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 519,7 \text{ Н.}$$

«Крутящий момент

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} \text{ ». [28] \quad (27)}$$

$$M_p = \frac{154,7 \cdot 85}{2} = 6574,8.$$

«Момент силы зажима

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}, \quad (28)$$

где f – коэффициент трения на рабочие поверхности сменного кулачка». [28]

$$f = 0,3. \text{ [28]}$$

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 154,7 \cdot 85}{0,3 \cdot 30,3} = 1157,3 \text{ Н.}$$

Сила, прикладываемая к кулачкам, немного увеличивается

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)}. \quad (29)$$

$$W_1 = \frac{1157,3}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1371,2 \text{ Н.}$$

«Осевая сила зажима

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin \left(\theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}} \right)}, \quad (30)$$

где r_{\max} – максимальный радиус зажатой кулачками детали;

θ – угол подъема профиля кулачка;

μ – коэффициент трения на тыльной упорной поверхности кулачка;

r_0 – радиус тыльной упорной поверхности кулачка». [28]

$$r_{\max} = 0,031; \theta = 18^\circ; \mu = 0,15; r_0 = 0,025. [28]$$

$$Q = \frac{6574,8}{630 \cdot 0,031 \cdot \sin \left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04} \right)} = 10839 \text{ Н.}$$

«Угол поворота кулачка при зажиме

$$\alpha_0 = 2,31 \cdot g \cdot \left(\frac{r_{\max}}{r_{\min}} \right) \gg. [28] \quad (31)$$

$$\alpha_0 = 2,31 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,031}{0,040} = 17,6^\circ.$$

Чертеж приспособления для изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка на операции 020 представлен в графической части.

4 Проектирование режущего инструмента

«Для нарезания цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем используются цельные, составные и сборные червячные модульные фрезы. У фрез составной конструкции крепление режущих элементов к корпусу осуществляется посредством сварки, пайки или путем приклеивания, что усложняет технологию их изготовления и нередко приводит к дефектам. Поэтому на практике наибольшее распространение получили цельные и сборные фрезы, представленные на рисунке 4». [25]



Рисунок 4 – Червячные фрезы

«Сборные червячные фрезы предназначены для нарезания зубчатых колес с модулем $m \geq 6$ мм. Корпус у этих фрез изготавливается как из конструкционных (45, 30X, 40X, 40XНМА), так и инструментальных (У7, У8, У8А) сталей, а режущие гребенки, выполняемые из быстрорежущей стали или твердого сплава, либо неперетачиваемые быстросменные твердосплавные пластины закрепляются с помощью натяжных колец или клиньев». [25]

«У червячных фрез зубья могут иметь либо затылованную, либо остроконечную форму. У цельных фрез, предназначенных для черновой обработки, зубья имеют одинарное затылование и нешлифованный профиль, а у фрез, предназначенных для получистовой и чистовой обработки, – двойное затылование и шлифованный профиль. Острозаточенную форму зуба имеют сборные червячные модульные фрезы. Их отличительной особенностью является наличие увеличенных значений задних углов. Острозаточенные фрезы обладают повышенной стойкостью и производительностью, вместе с тем они более сложны в изготовлении. Кроме того, заточка гребенок у сборных червячных фрез предполагает их съем с инструмента и использование специального приспособления. По способу крепления на станке фрезы делятся на насадные, имеющие отверстие для оправки и шпоночный паз или пазы, и хвостовые. Червячные фрезы могут выполняться правозаходными и левозаходными, а также одно- и многозаходными. Число заходов оказывает влияние на производительность и точность нарезания зубчатых колес. В настоящее время наибольшее распространение получили однозаходные фрезы, в месте с тем имеет место опыт применения и многозаходных червячных модульных фрез с числом заходов k_0 до 7. В отличие от однозаходных фрез многозаходные фрезы целесообразно применять при предварительном формообразовании профиля зубьев колес, то есть когда предполагается последующая обработка шевингованием или шлифованием. Многозаходные фрезы обладают большей стойкостью и позволяют повысить производительность процесса обработки».

[25]

«Выбор конструкции и типа фрезы зависит от исходных данных, включающих: размеры и точность изготавливаемого зубчатого колеса, марку и состояние (термообработку) материала и вид обработки – черновая, получистовая, чистовая». [25]

Чистовые червячные модульные фрезы применяют, когда формирование зубчатого венца происходит в техпроцессе после

термообработки, а твердость материала $HRC \leq 40$. Выбор класса точности червячной фрезы зависит от класса точности обрабатываемого зубчатого венца.

По ГОСТ 9324-2015 [10] цельные чистовые червячные фрезы изготавливаются двух следующих типов: с осевым шпоночным пазом – тип 1 и с торцевым шпоночным пазом – тип 2 (рисунок 5).

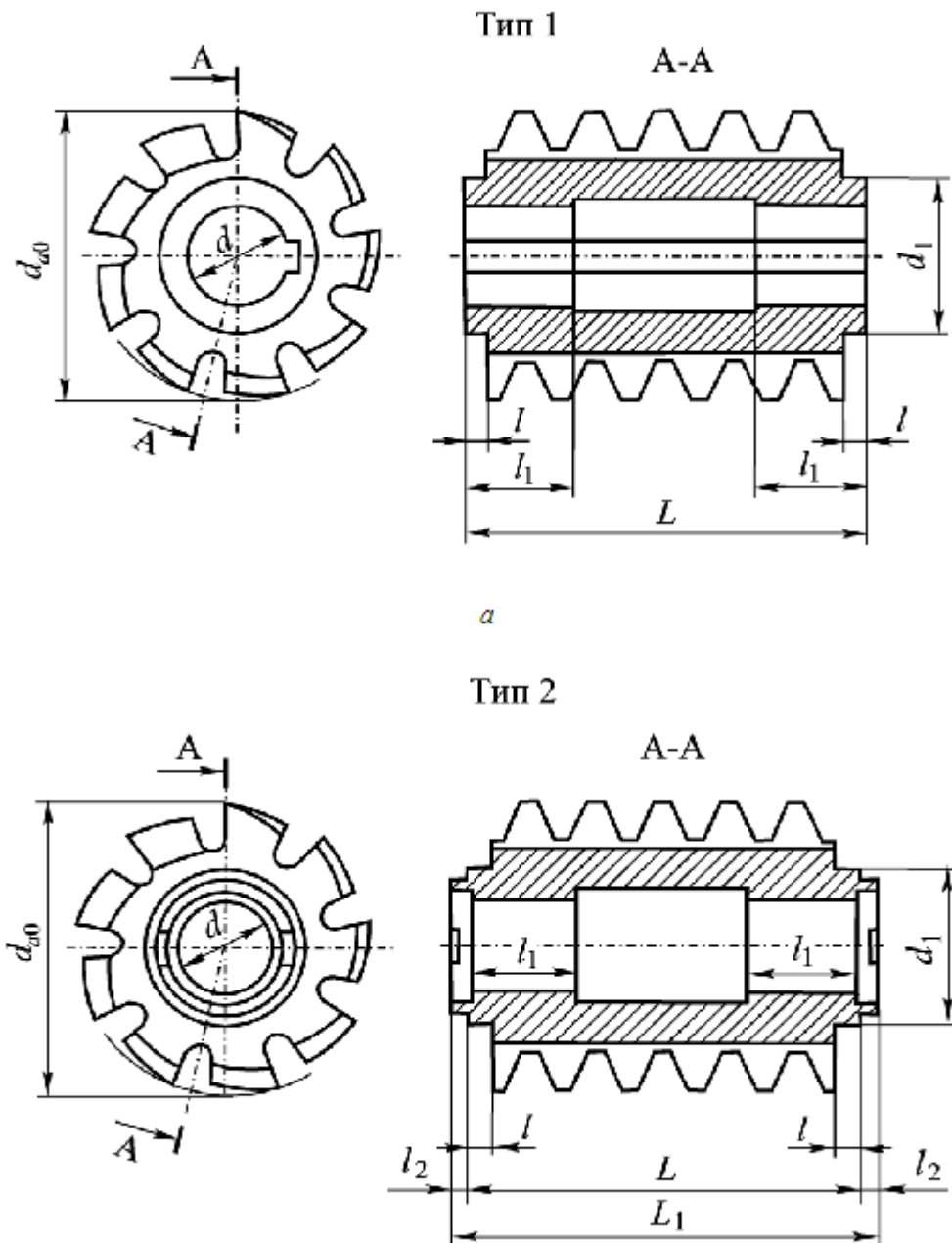


Рисунок 5 – Чистовые червячные модульные фрезы

В этом разделе выполним проектирование червячной фрезы для обработки зубьев вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка с модулем $m = 3$ и числом зубьев $Z = 26$.

4.2 Расчет червячной фрезы

«Основными конструктивными параметрами червячной фрезы являются диаметр, длина, диаметр отверстия под оправку, число зубьев, форма и направление канавок, размеры профиля зубьев. Наружный диаметр фрезы принимается по нормали и стандартам с учетом паспортных данных зубофрезерного станка». [25]

Число зубьев фрезы

$$Z_{\phi} = 1,2\sqrt{D} \quad [25]$$

где D – диаметр фрезы.

$$Z_{\phi} = 1,2\sqrt{125} = 13,4.$$

По ГОСТ 9324-2015 принимаем $Z = 10$.

Принимаем по [10] $\gamma = 15^{\circ}$, $\alpha = 12^{\circ}$, $\omega = 35^{\circ}$, $\lambda = 12^{\circ}$, $\varphi = 60^{\circ}$, $\varphi_1 = 8^{\circ}$,
 $d_0 = 32$ мм.

Червячная фреза является довольно дорогим режущим инструментом. Для увеличения износостойкости и жизненного цикла червячной фрезы предлагается на режущую часть нанести износостойкое покрытие TiN . Это увеличит ее износостойкость в 2 раза.

Чертеж червячной фрезы, применяемой на 035 операции техпроцесса изготовления вала-шестерни в графической части.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом в нашем случае является производственный участок по изготовлению партии валов-шестерен горизонтально-фрезерного станка.

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, возникающих в том числе и из-за неправильной эксплуатации оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также о возникновениях пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций. К экологическим рискам следует отнести образующиеся негативные факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, токсические и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделения опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покровов и так далее». [3]

В этом разделе проанализируем техпроцесс изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка на предмет безопасности, а также экологичности по сравнению с базовым техпроцессом, который имеется на предприятии.

5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

В технологическом процессе изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка мы модернизируем две технологические операции: 020 токарную чистовую и 035 зубофрезерную. Материалом заготовки является сталь 40Х.

Токарная чистовая операция 020 проводится на токарном станке с ЧПУ модели СА500СФЗК. Заготовка устанавливается в приспособление, которым является токарный самозажимной поводковый патрон. Зажим заготовки происходит от вращения заготовки с помощью центробежных сил без участия оператора станка. За счет этого оператору токарного станка с ЧПУ облегчается работа. Инструментами являются три резца с режущими пластинами из твердого сплава Т15К6. Операция выполняется оператором станка с ЧПУ. На операции используется эмульсионная СОЖ (эмульсол) марки Делинол Е-120.

На токарной операции 020 первым в обработку вступает канавочный резец Т1, которым на валу-шестерне горизонтально-фрезерного станка выполняется плоская канавка. Далее другим канавочным резцом Т2 выполняется фасонная канавка, имеющая радиус скругления R3. Завершает работу контурный резец, который обрабатывает наибольшее количество поверхностей вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка.

Зубофрезерная операция 035 проводится на зубофрезерном станке с ЧПУ модели 5320Ф4. Заготовка в вертикальном положении устанавливается в поводковое устройство и поджимается центром. Инструментом является червячная фреза из быстрорежущей стали Р6М5. Операция выполняется оператором станка с ЧПУ. На операции используется эмульсионная СОЖ (эмульсол) марки Вексанол-3.

Обработка происходит при одновременном повороте обрабатываемой вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка и червячной фрезы.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

На токарной операции, которая выполняется на токарном станке с ЧПУ модели СА500СФ3К образуется стружка, которая собирается в специально отведенном накопителе. Опасным производственным фактором может быть порез кожного покрова оператора станка от острых кромок стружки при ее удалении из накопителя.

Другим опасным фактором на токарной операции может быть попадание образующейся стружки в глаза оператора станка.

Обе операции происходят на электроустановках – металлорежущих станках. В соответствии с правилами безопасности необходимо проведение электрозащиты, чтоб не произошло поражение станочников-операторов электрическим током.

Оператором может быть получена электротравма при следующих ситуациях:

- при прикосании одновременно к двум противоположно направленным источникам тока;
- при сближении на небезопасное расстояние с установкам, проводящим электрический ток;
- при касании с оборудованием или его частью, которое находится под напряжением.

Металлорежущие станки (токарный станок с ЧПУ модели СА500СФ3К и зубофрезерный станок с ЧПУ модели 5320Ф4) относятся к электроустановкам, работающим под напряжением до 1000 В.

«При работе с электроустановками возможно прикосновение операторов к токоведущим частям оборудования. Наиболее часто встречаются две схемы включения человека в электрическую сеть: двухфазная – присоединение человека к двум проводам, и однофазная – включение человека между проводом и землей». [19]

«Чаще на практике встречается однофазное включение человека в электрическую сеть. В этом случае ток поражения зависит от того, заземлена ли нейтраль источника тока или нет». [19]

На производстве могут возникнуть ситуации с обрывом электрических проводов или повреждении кабеля, находящегося на полу (земле). В этом случае происходит, так называемое, растекание электрического тока по горизонтальной поверхности (полу).

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для исключения поражения кожного покрова операторов станков от образующейся металлической стружки необходимо при выполнении работ по ее уборке, согласно ГОСТ 12840-2011 [4] использовать специальный инструмент – крючок. Это позволит безопасно удалять стружку с рабочего места и перемещать ее в специальный контейнер-сборник стружки для дальнейшей утилизации.

Для предотвращения попадания металлической стружки в глаза оператора станка необходимо, чтобы при работе оператор надевал защитные очки ГОСТ Р 12.4.013-97 [11]. При случайном вылете стружки из зоны обработки она в этом случае попадет не в глаз оператору станка, а в защитные очки.

Также для исключения попадания стружки в глаза оператора станка необходимо, чтобы при проведении обработки на станке было закрыто защитное ограждение, предусмотренное заводом-изготовителем станка.

«Для предупреждения об опасности поражения электрическим током используют различные звуковые, световые и цветовые сигнализаторы, устанавливаемые в зонах видимости и слышимости персонала. Кроме того, в конструкциях электроустановок предусмотрены блокировки – автоматические устройства, с помощью которых преграждается путь в опасную зону или предотвращаются неправильные, опасные для человека

действия. Блокировки могут быть механические (стопоры, защелки, фигурные вырезы), электрические или электромагнитные. Для информации персонала об опасности служат предупредительные плакаты». [19]

Для предотвращения поражения операторов станков статическим электричеством необходимо, чтобы от корпуса металлорежущего станка было выполнено защитное заземление. В этом случае статическое электричество не будет накапливаться, а будет уходить.

«Защитное заземление – это преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые в обычном состоянии не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при случайном соединении их с токоведущими частями». [19]

Также оператор станка с ЧПУ при выполнении работ должен находиться на специальном резиновом коврикe, которыми снабжаются все металлорежущие станки на предприятии.

Важным аспектом является рабочая форма операторов станков. Для исключения поражения случайно растекшимся по полу электрическим током операторы станков должны быть снабжены рабочей обувью, имеющей резиновую подошву.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

На участке по осуществлению техпроцесса изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка могут возникнуть пожары класса Е. Это пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением.

«К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

– пламя и искры;

- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)». [3]

«Для тушения пожара используют: разбавление воздуха негорючими газами до таких концентраций кислорода, при которых горение прекращается; охлаждения очага горения ниже определенной температуры (температуры горения); механическое сбивание пламени струей жидкости или газа; снижением скорости химической реакции, протекающей в пламени; создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы». [19]

Для локализации и избавления от образовавшегося пожара участок механической обработки вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка необходимо оборудовать пожарными гидрантами ГОСТ Р 53961-2010 [12]. В пожарные гидранты подается под давлением вода, которой тушат пожар при его возникновении. Также участок должен быть оборудован огнетушителями ГОСТ 51057-2001 [8]. Эти средства также используются при возникновении возгорания.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

На техническом объекте, которым является у нас участок механической обработки вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка используются станки с ЧПУ. В станках широко используются смазочно-охлаждающие жидкости. Экологически вредным фактором на техническом объекте является попадание взвесей СОЖ в окружающую воздушную среду цеха.

Этот фактор возможно уменьшить при настройке вентиляции на каждом рабочем месте, которая регламентируется ГОСТ Р 59972-2021 [13].

«Для поддержания в воздухе безопасной концентрации вредных веществ используют различные системы вентиляции». [19]

Также в процессе механической обработки металлических деталей, которой является вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, снимается металлическая стружка, которую необходимо в дальнейшем утилизировать.

«Экономический эффект использования металлоотходов в качестве вторсырья металлургической промышленности очевиден. 1 т чугуна или стального лома может сберечь народному хозяйству 3,5 т минерального сырья (2 т железной руды, 1 т кокса, 0,5 т известняка), при снижении удельного расхода энергии на 75-80% и воды на 40%. В итоге 1 т стали, выплавленной из отходов, примерно в 20 раз дешевле стали, полученной из руды. В то же время, помимо защиты литосферы, сокращается количество загрязняющих веществ в атмосферу и гидросферу на 75-80%». [2]

От переработки стружки, ее переплавки и дальнейшего использования в металлургии для изготовления заготовок получается довольно высокий экономический эффект.

В данном разделе мы предложили меры по обеспечению безопасности и экологичности участка механической обработки вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка. Дали рекомендации по снижению производственного травматизма, а также по пожарной безопасности на участке и сделали рекомендации по снижению воздействия имеющегося промышленного производства на экологию региона в целом.

6 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – осуществить необходимый расчет и анализ всех технико-экономических показателей сравниваемых технологических процессов, с целью определения экономического эффекта от разработанных изменений.

Для осуществления задуманного, нужно применить информацию, которая представлена в предыдущих разделах и касаются только модернизации и оптимизации технологии изготовления детали «вал-шестерня горизонтально-фрезерного станка». Результат принципиальной модернизации технологии и ее итог представлены на рисунке 7.

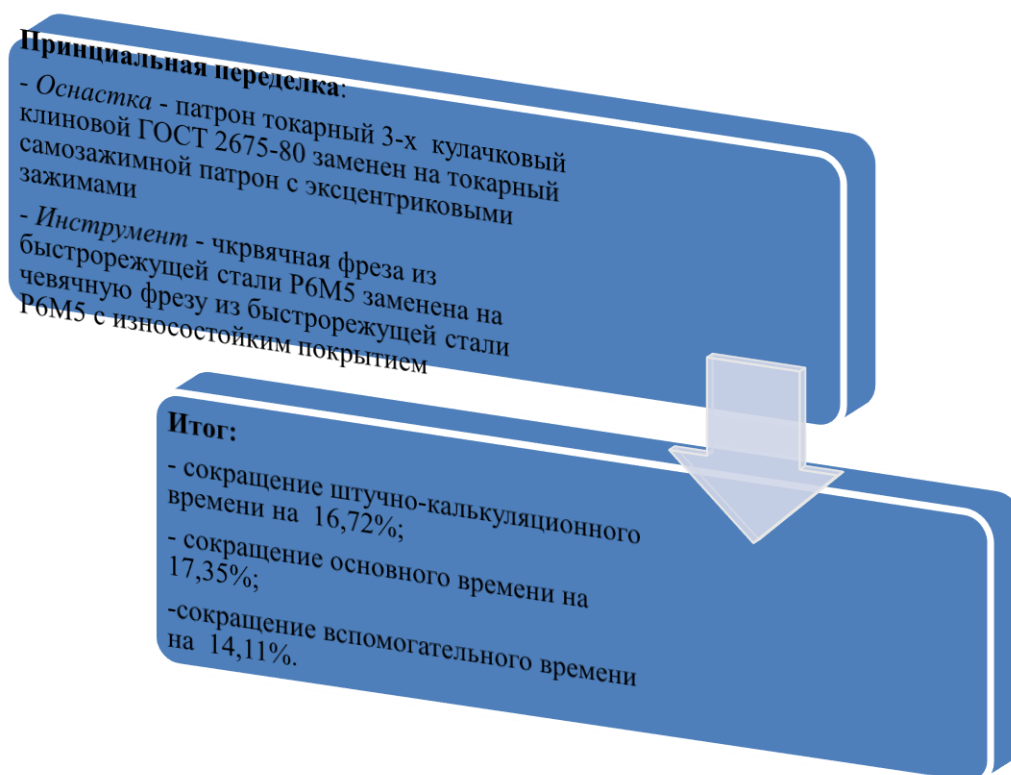


Рисунок 7 – Результат принципиальной модернизации технологии и ее итог

Сверху, на рисунке 7, представлены измененные оснастка и инструмент, которые предложено использовать вместо патрона токарного 3-х

кулачкового и червячной фрезы по ГОСТ, соответственно. Снизу, итог по трудоемкости выполнения измененной операционной технологии изготовления детали «вал-шестерня горизонтально-фрезерного станка».

Для определения экономического эффекта, первым пунктом необходимо определить капитальные вложения в модернизацию процесса или, выражаясь научными терминами, необходимую сумму инвестиций. Чтобы определить сумму инвестиций применим специальную «методику расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [18]. Так как изменения технологии затрачивают только такие элементы как инструмент и оснастка, сумма инвестиций будет учитывать «затраты на проектирование (K_{IP}), оснастку (K_O), инструмент (K_{II}) и корректировку управляющей программы ($K_{У.ПР}$)» [18]. Числовые значения перечисленных показателей и общая сумма инвестиций, представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 – Общая сумма инвестиций и входящих в нее затрат, руб.

Детализация рисунка 8, позволяет сделать вывод о том, что самыми крупными тратами является проектирование, его доля в общей сумме инвестиций составляет 66,51 %. Самыми наименьшими вложениями для предприятия будут траты, связанные с оснасткой, так как их доля составит всего 3,04 %.

Вслед за проведенными расчетами, возникает необходимость подсчитать технологическую себестоимость, которая определяется по методике «расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [15]. Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину, показателей, отображены на рисунке 9.

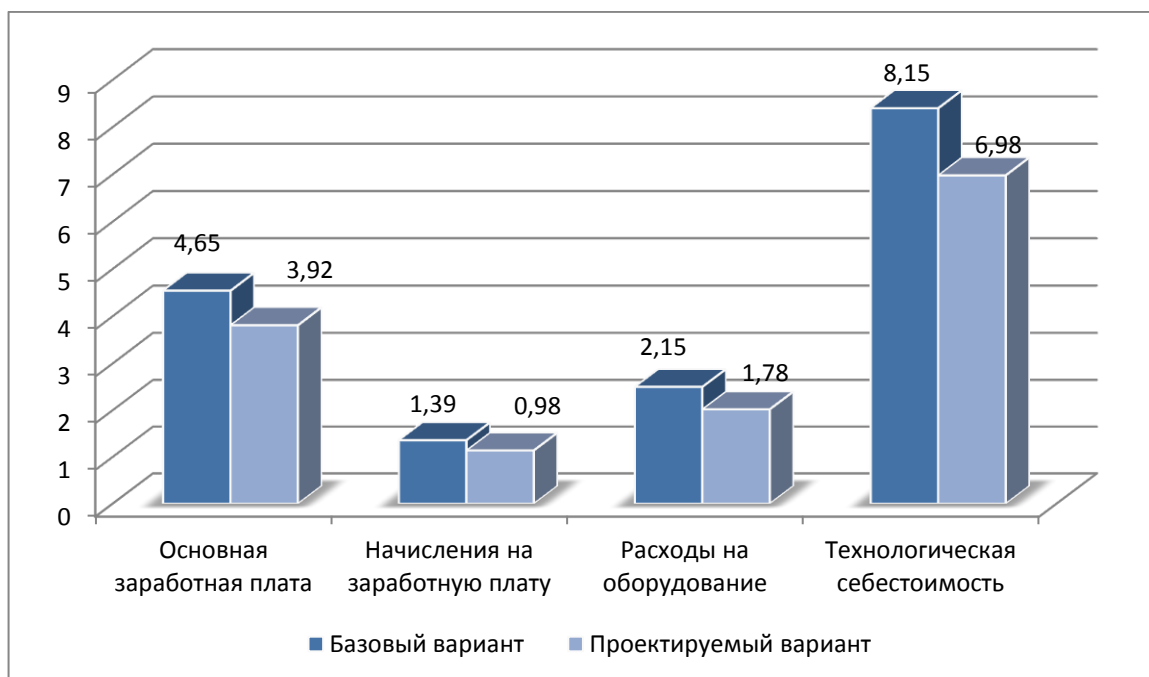


Рисунок 9 – Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину показателей, руб.

Как следует из диаграммы (рисунок 9), максимально полная зависимость значения технологической себестоимости обеспечивается основной заработной платой, с долевой величиной около 54% в обоих представленных вариантах.

После установления значения технологической себестоимости, следует выяснить значения такие показателей как: «чистая прибыль, срок окупаемости, индекс доходности и интегральный экономический эффект» [18]. Чтобы их рассчитать, используется «методика расчета показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [18]. Значения перечисленных показателей представлены на рисунке 10.

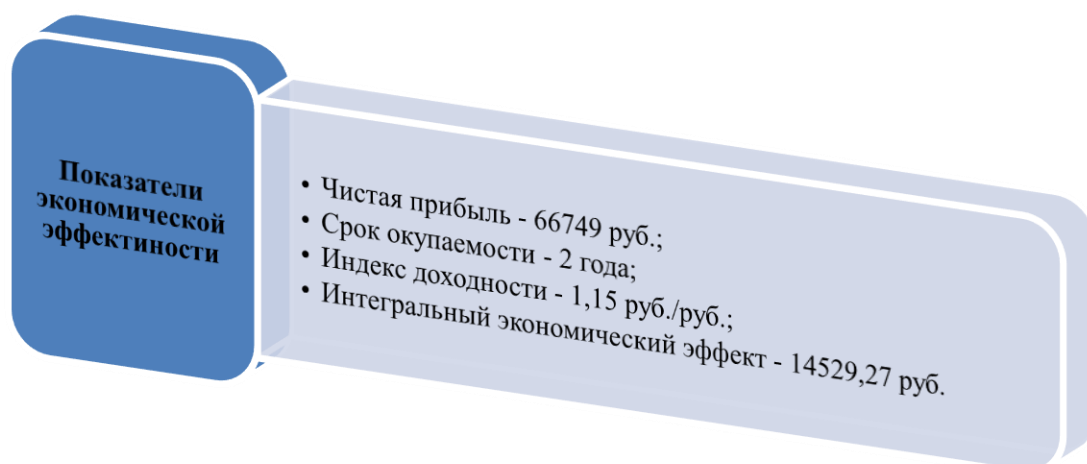


Рисунок 10 – Значения показателей экономической эффективности

Вследствие экономических расчетов была показана польза внедрения предложенной модернизации технологии изготовления детали «вал-шестерня горизонтально-фрезерного станка». Соответственно, такой процесс можно считать эффективным, так как в результате его внедрения будет получен интегральный экономический эффект в размере 14529,27 рублей.

Заключение

В работе спроектирован техпроцесс изготовления вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка, согласно заданию.

С начала в работе рассматривается вопрос о назначении сборочной единицы, в которую входит вал-шестерня. Этим сборочным агрегатом является горизонтально-фрезерный станок. Потом рассматривается конструкция вала-шестерни на предмет ее технологичности и правильности выбора материала для нее по принципу бережливого производства.

После рассмотрения конструкции вала-шестерни мы определяемся с типом машиностроительного производства для дальнейшего проектирования. Согласно массы и годовой программы выпуска мы определили тип производства. Им оказалось среднесерийное производство. После этого был проведен расчет наиболее выгодного метода получения заготовки для вала-шестерни. По результатам расчета выбрана поковка. Для проектирования технологического процесса нами был проведен расчет припусков для одной из самых точных поверхностей вала-шестерни.

Для установки и крепления заготовки на токарной операции разработана конструкция самозажимного токарного патрона. При включении вращения шпинделя токарного станка на эксцентрик кулачки патрона начинают действовать центробежная сила и они с достаточной силой зажимают деталь, преодолевая силы резания. При выключении вращения шпинделя центробежные силы действовать перестают и заготовку можно легко вынуть из приспособления, преодолев усилия пружин.

Для формирования зубчатого венца вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка нами спроектирована конструкция червячной фрезы. Это сложнопрофильный дорогостоящий инструмент. Работой предлагается на режущую часть фрезы нанести износостойкое покрытие для увеличения жизненного цикла данного инструмента.

Список используемой литературы

1. Безьязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении : учебное пособие / В.Ф. Безьязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. – 4-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.
2. Ветошкин А.Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие для вузов / А.Г. Ветошкин. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 304 с.
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
4. ГОСТ 12840-2011. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
5. ГОСТ 18878-73. Резцы токарные проходные прямые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры. – 15 с.
6. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 10 с.
7. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 56 с.
8. ГОСТ 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 45 с.
9. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
10. ГОСТ 9324-2015. Фрезы червячные цельные чистовые для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия. – 46 с.

11. ГОСТ Р 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
12. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 19 с.
13. ГОСТ Р 59972-2021. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. – 50 с.
14. Зеньков И.В. Менеджмент высоких технологий : учеб. пособие / И.В. Зеньков ; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 216 с.
15. Зубкова Н.В. Методические указания к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
16. Клепиков В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 319 с.
17. 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.
18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с.
19. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Горькова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 340 с.
20. Мельников А.С. Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 420 с.
21. Металлорежущие станки : учебник : в 2 томах / В. В. Бушуев, А. В. Ерёмин, А. А. Какойло [и др.] ; под редакцией В. В. Бушуева. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2023 — Том 2 — 2023. — 586 с.

22. Остяков Ю.А. Проектирование деталей и узлов конкурентоспособных машин : учебное пособие / Ю.А. Остяков, И.В. Шевченко. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 336 с.
23. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 384 с.
24. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
25. Скуратов Д.Л. Проектирование зуборезного инструмента для изготовления цилиндрических колес : учебное пособие / Д.Л. Скуратов, А.Н. Швецов. – Самара : Издательство Самарского университета, 2023. – 128 с.
26. 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.
27. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроительного производства : учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе ; под ред. В.А. Тимирязева. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 448 с.
28. 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.
29. Шрубченко И.В. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.В. Хуртасенко, М.Н. Воронкова. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 271 с.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.											6	5		
А			Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа							
Б			Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тип.
A01	XX	XX	XX	055	4130	Круглошлифовальная черновая			ИОТ.№ 76							
B02	38	1300	1	Круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ-400.2			1	19630	322	1	1	1	142	1		
O03	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер Ø50, I-0.046.															
T04	396110	Патрон поводковый;			397130 Шлифовальный круг 1 250' 30' 76 24A F40 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;											
T05	394630	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ Р 8.671 – 2009.														
A06	XX	XX	XX	060	4151	Зубошлифовальная			ИОТ.№ 74							
B07	38	1560	6	Зубошлифовальный станок мод 5B833			1	19630	322	1	1	1	142	1		
O08	Шлифовать поверхности 23, 25, выдерживая размеры Ø79-0.03; 22.54-0.021; т=3мм; z=26, β=9°22'															
T09	396110	Патрон мембранный ГОСТ 3889 - 80;			397130 Шлифовальный круг 1 250' 40' 76 24A F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;											
T10	394630	Прибор для контроля параметров зубчатого венца ГОСТ 6507 – 81.														
A11	XX	XX	XX	065	4130	Круглошлифовальная чистовая программная			ИОТ.№ 76							
B12	38	1300	1	Круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ-400.2			1	19630	322	1	1	1	142	1		
O13	Шлифовать поверхность 12, выдерживая размер Ø50 ^{+0.018} _{+0.002} ; шлифовать поверхность 16, выдерживая размеры: Ø38-0.025; 171±0.5;															
T14	шлифовать поверхность 18, выдерживая размер Ø30 ^{+0.015} _{+0.002} .															
T15	396110	Патрон мембранный ГОСТ3889-80;;			397130 Шлифовальный круг 1 250' 30' 76 24A F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;											
T16	394630	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ Р 8.671 – 2009.														
МК																

