

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 блока шестерен трактора
Stronger

Студент

А.А. Замула

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

Консультант

к.э.н. Н.В. Зубкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Студент: Замула Алексей Анатольевич.

Тема работы: Технологический процесс изготовления блока шестерен трактора Stronger.

В первом разделе работы проводится анализ назначения детали «блок шестерен», анализируется назначение каждой из поверхностей, рассматривается вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается блок шестерен, а также о его свойствах. Также предлагаются несколько вариантов изготовления заготовки для детали.

Во втором разделе работы проводится технико-экономический расчет двух вариантов получения заготовки, определяется тип производства для изготовления детали и описываются его характеристики, выполняется выбор методов обработки каждой поверхности детали, составляется план изготовления блока шестерен, рассчитываются припуски на одну из поверхностей, определяются режимы резания на некоторые технологические операции.

В третьем разделе проектируется специальное станочное приспособление – токарный патрон, имеющий автоматизированный привод.

В четвертом разделе работы для обработки одного из зубчатых венцов детали разрабатывается конструкция режущего инструмента – червячной фрезы.

В работе имеется раздел по безопасности и экологичности, где проработаны рекомендации по совершенствованию условий труда на участке механической обработки.

Работа выполняется с применением современных средств автоматизированного проектирования, таких как КОМПАС-3D, Ansys.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Анализ исходных данных..... | 5 |
| 1.1 Назначение и условия работы детали | 5 |
| 1.2 Классификация поверхностей детали | 5 |
| 1.3 Анализ требований к поверхностям детали..... | 6 |
| 2 Технологическая часть..... | 9 |
| 2.1 Определение типа производства..... | 9 |
| 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса..... | 9 |
| 2.3 Выбор метода получения заготовки..... | 10 |
| 2.4 Выбор методов обработки поверхностей..... | 12 |
| 2.5 Расчет припусков..... | 14 |
| 2.6 Определение режимов обработки..... | 16 |
| 3 Проектирование станочного приспособления..... | 21 |
| 3.1 Анализ состояния вопроса..... | 22 |
| 3.2 Определение и сил резания | 22 |
| 3.3 Расчет усилия зажима кулачков..... | 23 |
| 4 Проектирование режущего инструмента..... | 24 |
| 4.1 Исходные данные..... | 26 |
| 4.2 Расчет фрезы..... | 27 |
| 5 Безопасность и экологичность технического объекта..... | 30 |
| 5.1 Описание технического объекта..... | 30 |
| 5.2 Описание мероприятий по безопасности и экологичности..... | 30 |
| 6 Экономическая эффективность работы..... | 33 |
| Заключение..... | 37 |
| Список используемой литературы | 38 |
| Приложение А. Маршрутные карты..... | 40 |

Введение

Развитие сельскохозяйственного машиностроения в последние годы является одной из приоритетных задач развития промышленности России. Сельскохозяйственные машины позволяют увеличить площади посевов культур, сбор полученного урожая. Также в процессе произрастания необходимо ухаживать за выращиванием сельскохозяйственной продукции для получения большей прибыли.

Тракторостроение является частью сельскохозяйственного машиностроения. От качества и возможностей тракторов зависит множество факторов сбора урожая, поэтому тракторы – один из немногих позиций современного сельскохозяйственного машиностроения, конкурирующих на мировых рынках. В этой промышленности применяются металлообрабатывающие станки, автоматические линии, гибкие производственные системы, модули, применяются различного рода металлорежущие инструменты, инструментальная оснастка, приспособления.

Трактор является современной машиной, имеющей двигатели внутреннего сгорания, приводные системы и так далее. Привод трактора Stronger содержит блок зубчатых колес, который воспринимает вращательное движение с одного вала и передает это движение на последующий вал. Еще одним аспектом работы блока зубчатых колес заключается в том, что сопрягаться он может с различными колесами валов, передавая на следующий вал то или иное передаточное число, что отражается на понижении или повышении частоты вращения. Таким образом, осуществляется многовариантность частоты вращения привода этой сельскохозяйственной машины.

Целью работы является проектирование технологического процесса изготовления блока шестерен трактора заданного качества с минимальным затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее работы.

Привод трактора Stronger содержит блок зубчатых колес, который воспринимает вращательное движение с одного вала и передает это движение на последующий вал. Еще одним аспектом работы блока зубчатых колес заключается в том, что сопрягаться он может с различными колесами валов, передавая на следующий вал то или иное передаточное число, что отражается на понижении или повышении частоты вращения. Таким образом, осуществляется многовариантность частоты вращения привода этой сельскохозяйственной машины.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Пронумеруем поверхности фланцам и представим это на рисунке 1.

Исполнительными поверхностями блока шестерен являются боковые стороны внутренних шлицев 30 и 31 центрального отверстия, которыми блок воспринимает вращательное движение от вала, на котором он находится. Также исполнительными являются боковые поверхности малого зубчатого венца 33 и 35, а также боковые поверхности большего венца 37 и 39, которыми блок передает вращение по кинематической цепи. [11]

Основными конструкторскими базами блока шестерен являются внутренняя цилиндрическая поверхность центрального отверстия 28, которой блок шестерен базируется на валу; торцовая поверхность 1, которой ограничивается перемещение блока вдоль вала; боковая сторона большего зубчатого венца 16, служащая для перемещения блока вдоль вала; наружная цилиндрическая поверхность 21, по которой базируется перемещающая блок вилка.

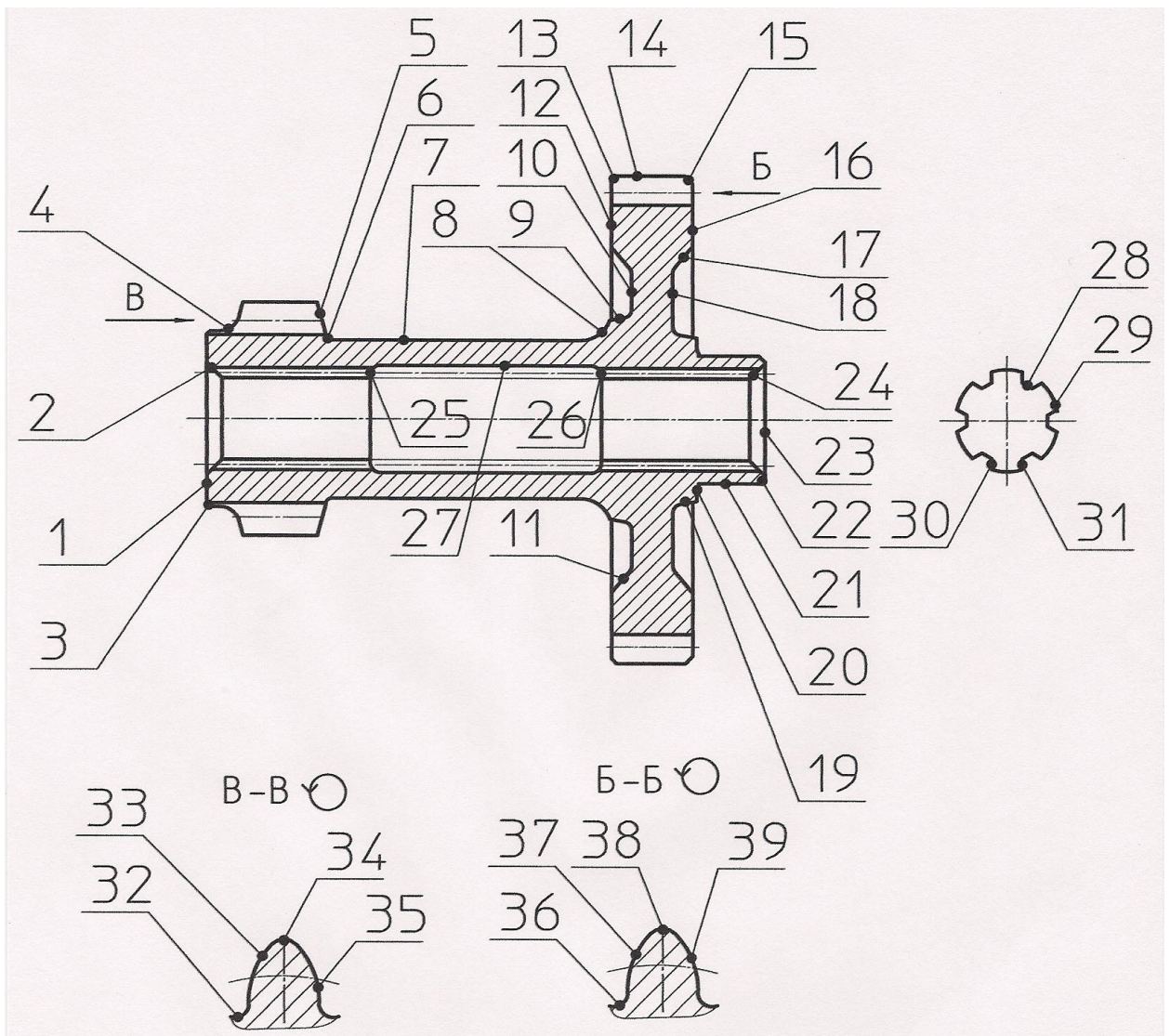


Рисунок 1 - Классификация поверхностей

Вспомогательными конструкторскими базами блока шестерен являются заходные поверхности малого зубчатого венца 4 и 5, а также фаски зубьев большего зубчатого венца 13 и 15.

Остальные поверхности – свободные.

1.3. Анализ требований к поверхностям детали.

Материалом фланца является конструкционная сталь 20ХГНМ ГОСТ 4543-2016 [3]. Данный материал соответствует требованиям по прочности и твердости. Он состоит из углерода (С) с содержанием 0,18...0,23%, марганца

(Mn) с содержанием 0,7...1,1%, фосфора (P) с содержанием не более 0,035%, кремния (Si) с содержанием 0,17...0,37%, никеля (Ni) с содержанием 0,4...0,7%, серы (S) с содержанием не более 0,035%, хрома (Cr) с содержанием 0,4...0,7%, меди (Cu) с содержанием не более 0,3%, молибдена (Mo) с содержанием 0.15...0,25%. Остальное в составе стали – железо (Fe).

Физико-механические свойства стали 20ХГНМ представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 19ХГН

| σ_B | ψ | σ_T | δ_5 | НВ |
|------------|--------|------------|------------|----------|
| МПа | % | МПа | % | не более |
| 1180 | - | 930 | 7 | 207 |

Заготовку для изготовления червяка удобнее всего получить прокаткой или штамповкой.

«Прокаткой называют процесс деформации металла путем обжатия его между двумя вращающимися валками. При этом происходит уменьшение толщины заготовки (обжатие), увеличение ширины (уширение) и увеличение длины (вытяжка). Прокатка является одним из самых производительных способов обработки металлов давлением (ОМД) и применяется преимущественно для получения стандартных заготовок и полуфабрикатов для дальнейшей их обработки. В настоящее время прокатке подвергаются до 80% всей выплавляемой стали и около 50% цветных сплавов. Заготовки, полученные прокаткой находят широкое применение в промышленности. Прокаткой изготавливают листы броневой защиты, заготовки для осей, подавляющее большинство заготовок для изготовления деталей ковкой, штамповкой, сваркой, резанием». [18]

«Выделяют три основных вида прокатки: продольную, поперечную и поперечно-винтовую. При продольной прокатке (рисунок 2) заготовка 1 деформируется между валками 2, вращающимися в разные стороны, и перемещается перпендикулярно к осям валков». [18]

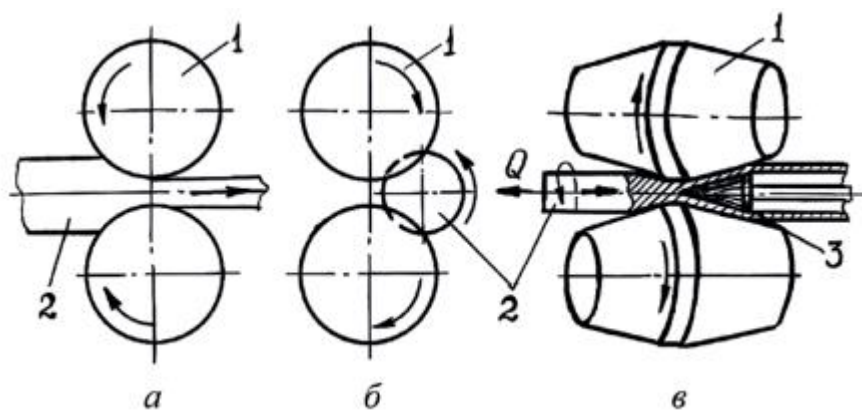


Рисунок 2 – Основные виды прокатки:

1 – валки; 2 – заготовка; 3 – оправка

«При поперечной прокатке (рисунок 2, б) валки 1, вращаясь в одном направлении, придают вращение заготовке 2 и деформируют ее. При поперечно-винтовой (косой) прокатке (рисунок 2, в) валки расположены под углом и сообщают заготовке при деформировании вращательное и поступательное движения». [18]

«Объемная штамповка (ковка в штампах) – процесс деформирования заготовки в стальных формах – штампах. При объемной штамповке течение металла ограничивается плоскостями полостей штампа. При смыкании штампа металл заполняет полость (ручей) и образуется изделие – поковка. Объемная штамповка нашла широкое применение в производстве артиллерийского оружия. Более 20% всех деталей артиллерийского орудия получают объемной штамповкой (детали полуавтоматики, ударноспусковых механизмов стрелкового оружия, детали боеприпасов, рычаги, вилки, шестерни и др.). Получаемые поковки имеют точность 9-11 квалитетов и шероховатость $Rz = 40 \dots 10 \text{ мкм}$ ». [18]

Таким образом, для производства заготовки выбираем два следующих метода: прокат и штамповку на горизонтально-ковочных машинах.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства.

«Тип производства – классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, и объема выпуска изделий. В зависимости от сочетаний указанных признаков (показателей) современные производства подразделяют на следующие типы: массовое, серийное и единичное». [15]

Мы будем основываться на массе заготовки $m=2,1$ кг и программе выпуска в $N=5000$ деталей в год. Исходя из этих показателей [15], принимаем среднесерийный тип производства.

«Серийным называется производство, характеризуемое периодическим или ремонтным изготовлением изделий повторяющимися партиями. В зависимости от количества изготавливаемых изделий в партии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Примерами продукции являются периодически выпускаемые определенными партиями металлорежущие станки, компрессоры, тепловозы и др. Продукция серийного производства значительно дешевле, чем при единичном производстве, а цикл ее изготовления короче». [20]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

«В механосборочных цехах серийного производства наряду с универсальным (стандартным) оборудованием, приспособлениями и инструментом применяют специализированные и специальные средства технологического оснащения. В серийном производстве широко используются автоматы, полуавтоматы, агрегатные станки, станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и гибкие производственные системы (ГПС) из станков с ЧПУ, управляемые от ЭВМ, что позволяет легко перестраивать

производство на обработку очередной партии деталей других типоразмеров или другой конфигурации. Предусматриваются также переналаживаемые автоматические линии из станков различных типов». [20]

Исходя из этих данных, далее будем проектировать технологический процесс изготовления червяка.

2.3 Выбор метода получения заготовки.

«Заготовка – предмет производства из которого, изменением формы и размеров, свойств материала и шероховатости поверхности изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу. Конфигурация заготовки вытекает из конструкции детали и определяется ее размерами и материалом, условиями работы детали в машине с учетом статистических, динамических, температурных и других нагрузок. Конструктор назначает технические требования, предъявляемые к детали, часто задает метод изготовления заготовки для определенного вида производств. В настоящее время число этих методов для каждого вида производства (литья, обработки давлением, прокатки, порошковой металлургии и др.) исчисляется многими десятками. На основании рабочего чертежа детали технолог заготовительного цеха с технологом механического цеха разрабатывают исходный чертеж заготовки, который в дальнейшем используют для разработки технологического процесса ее изготовления и при проектировании технологической оснастки». [10]

Для изготовления заготовки выбираем два следующих метода: прокат и штамповку на горизонтально-ковочных машинах. В этом разделе рассчитаем себестоимость заготовок, изготовленных данными методами и сравним их.

При штамповке масса заготовки будет равна 2,5 кг, а при прокате - 4,5 кг.

Рассчитаем стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [12].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где $C_c = 0,495; E_n = 0,15; C_k = 1,085$. [12]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой.

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{ум}} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_n = 1,0$. [12]

Тогда

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой.

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{ум}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{ум}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{ум}} - q), \quad (3)$$

где $Q_{\text{ум}} = 2,5; q = 2,1$ кг - массы заготовки и детали;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144 \text{ руб/кг. [12]}$$

Тогда

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 2,5 + 0,6578(2,5 - 2,1) - (2,5 - 2,1)0,0144 = 0,9361 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом.

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

где $Q_{\text{пр}} = 4,5; q = 2,1$ кг;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144 \text{ руб/кг. [12]}$$

Тогда

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 4,5 + 0,6578(4,5 - 2,1) - (4,5 - 2,1)0,0144 = 2,0927 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее выгодным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

Годовая экономия при этом

$$\mathcal{E}_z = (C_{mn} - C_{mu})N_z = (2,0927 - 0,9361)5000 = 5783 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

«Применение различных методов обработки в машиностроении обусловлено разнообразием форм, размеров, обрабатываемых деталей, требованиями шероховатости, точности, физико-механическими свойствами материала и обрабатываемых поверхностей. Так, обработка деталей методами резания лезвийным и абразивными инструментами, тепловыми, химическими, электрическими и ультразвуковыми методами определяется способами удаления припуска для получения заданных форм, точности, шероховатости. В большинстве случаев необходимые требования чертежа достигаются последовательным применением нескольких методов обработки. Правильный выбор методов обработки обеспечивает экономичность обрабатываемых деталей». [11]

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости (Ra 1,6) поверхности 1 назначим последовательность ее обработки: центровально-подрезная и центрошлифовальная обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 10) и требуемой шероховатости (Ra 20) поверхности 2 назначим последовательность ее обработки: сверление.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 7) и требуемой шероховатости ($Ra\ 0,8$) поверхности 3 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 10) и требуемой шероховатости ($Ra\ 5$) поверхности 4 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, зубоскашивающая обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости ($Ra\ 1,6$) поверхности 5 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, зубоскашивающая обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 10) и требуемой шероховатости ($Ra\ 5$) поверхностей 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 25, 26, 27 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости ($Ra\ 5$) поверхностей 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 6) и требуемой шероховатости ($Ra\ 0,32$) поверхности 21 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости ($Ra\ 5$) поверхности 24 назначим последовательность ее обработки: сверление.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости ($Ra\ 5$) поверхностей 28, 32, 36 назначим последовательность их обработки: зубофрезерование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 7) и требуемой шероховатости ($Ra\ 0,63$) поверхностей 29, 34, 38 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 7) и требуемой шероховатости ($Ra\ 0,63$) поверхностей 30, 31 назначим последовательность их обработки: зубофрезерование, зубошлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 7) и требуемой шероховатости ($Ra\ 0,63$) поверхностей 33, 35, 37, 39 назначим последовательность их обработки: зубофрезерование, зубошевингование.

2.5 Расчет припусков.

«Правильное назначение припусков во многом определяет эффективность принятых технологических решений. Завышенные припуски способствуют излишнему расходу материала, увеличению трудоемкости изготовления деталей, повышенному расходу электроэнергии и режущего инструмента, что соответственно увеличивает себестоимость изделия. В свою очередь, заниженные припуски не позволяют обеспечить требуемое качество изготавливаемых деталей и приводят к получению брака». [20]

Определим припуски на обработку поверхности с параметрами $\varnothing 37k6_{+0,002}^{+0,018}$, $L = 95$ мм, $Ra = 0,63$ мкм расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из чернового и чистового точения, термообработки, чернового и чистового шлифования.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$a = R_z + h_o. \quad [1] \quad (5)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [1] \quad (6)$$

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

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

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 .$$

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

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} . [1] \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) . [1] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,4^2 + 0,025^2} = 0,801 .$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268 .$$

$$Z_{3\min} = a_{T0} + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,04^2 + 0,012^2} = 0,292 .$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,01^2 + 0,012^2} = 0,066 .$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5(1,6 + 0,25) = 1,714 .$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5(0,25 + 0,100) = 0,443 .$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,292 + 0,5(0,16 + 0,100) = 0,422 .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,094 .$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 37,002 .$$

$$d_{4\max} = 37,018 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 37,018 + 2 \cdot 0,066 = 37,150.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 37,150 + 0,016 = 37,166.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 37,166 + 2 \cdot 0,292 = 37,750.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 37,750 + 0,160 = 37,910.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 37,910 \cdot 0,999 = 37,712.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 37,712 + 0,100 = 37,812.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 37,812 + 2 \cdot 0,268 = 38,348.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 38,348 + 0,250 = 38,598.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 38,598 + 2 \cdot 0,801 = 40,200.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 40,200 + 1,600 = 41,800.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(40,223 + 41,823) = 41,023.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(38,371 + 38,621) = 38,496.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(37,835 + 37,735) = 37,785.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(37,933 + 37,773) = 37,853.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(37,018 + 37,002) = 37,010.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad (10)$$

$$2Z_{\min} = 40,200 - 37,018 = 3,182.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad (11)$$

$$2Z_{\max} = 3,182 + 1,600 + 0,016 = 4,798.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,182 + 4,789) = 3,99.$$

2.6 Определение режимов обработки.

«Найти оптимальный режим резания при обработке на многоинструментальных станках сложнее, чем при обработке на одноинструментальном. Принципы назначения режима резания остаются такими же: глубина резания должна быть назначена максимальной исходя из глубины припуска; подача выбрана наибольшей исходя из требований к шероховатости поверхности, условий прочности и жесткости станка и т.д., а скорость резания должна быть максимально возможной. Однако удовлетворять этим принципам при многоинструментальной обработке труднее. Даже при соблюдении условия назначения для каждого инструмента экономичного режима, как это делается при одноинструментальной обработке, общее машинное время может оказаться излишне большим, если время работы какого-либо одного инструмента будет на много больше по сравнению со временем работы остальных инструментов. В таких случаях выгодно повысить режим резания, хотя один инструмент и будет иметь стойкость меньшую, чем экономическая, следовательно, режим резания при многоинструментальной наладке определяют по нормам». [11]

«Основными параметрами режима резания являются: глубина резания t , подача S , скорость резания V . При назначении элементов режима резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, физико-механические характеристики материала заготовки, тип и состояние оборудования. Элементы режима резания могут быть

определены путем аналитического расчета либо по таблицам нормативных справочников. Аналитический расчет режимов резания по эмпирическим формулам выполняется для каждой операции. При назначении режима резания необходимо учитывать следующие общие рекомендации: глубина резания t при черновой обработке должна быть по возможности максимальной; подача S для черновой обработки назначается максимальной, исходя из жесткости и прочности технологической системы и мощности привода станка; скорость резания V определяется по таблицам справочников или рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки». []

2.6.1 Определение режимов резания на операцию 010.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,5; S = 0,3$. [16]

Скорость резания

$V_0 = 180$ м/мин. [16]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (13)$$

где $K_1 = 0,8; K_2 = 1,15; K_3 = 0,8; K_4 = 1,0$. [16]

Тогда $V = 180 \cdot 0,8 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 132,5$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 132,5}{3,14 \cdot 41} = 1029 \text{ мин}^{-1}. \quad (14)$$

$n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 41 \cdot 1000}{1000} = 128,7 \text{ м/мин}. \quad (15)$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин.} \quad (16)$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{182}{300} = 0,61 \text{ мин.} \quad (17)$$

2.6.2 Определение режимов резания на операцию 020.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,3; S = 0,2$. [16]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [16]}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 0,8; K_2 = 1,15; K_3 = 0,8; K_4 = 1,0$. [16]

Тогда $V = 180 \cdot 0,8 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 132,5 \text{ м/мин.}$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 132,5}{3,14 \cdot 110,2} = 382,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110,2 \cdot 315}{1000} = 109,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{80}{63} = 1,30 \text{ мин.}$$

2.6.3 Определение режимов резания на операцию.

Количество зубьев венца $z = 14$.

Ширина венца $B = L_{PE3} = 15$ мм.

Длина рабочего хода инструмента

$$L_{PX} = L_{PE3} + y, \quad (18)$$

где $y = 20$. [16]

Тогда

$$L_{PX} = 15 + 20 = 35, \text{ мм.}$$

Примем $V = 63$; $S = 2,1$, диаметр фрезы $D = 110$ мм. [16]

Тогда

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 63}{3,14 \cdot 110} = 182, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n = 160$ мин⁻¹.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 110}{1000} = 62,9, \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{\sum L_i \cdot i}{n \cdot \sum S_i} = \frac{35 \cdot 14}{2,1 \cdot 160 \cdot 3} = 0,43, \text{ мин.} \quad (19)$$

Рассчитанные режимы обработки указаны на технологических наладках и в технологических картах, представленные в приложении А.

3 Проектирование станочного приспособления

«Приспособления, рабочие и контрольные инструменты, вместе взятые, называют технологической оснасткой, причем приспособления являются наиболее сложной и трудоемкой ее частью. Современные механосборочные цехи располагают большим парком приспособлений. В крупносерийном и массовом производстве на каждую обрабатываемую деталь приходится в среднем десять приспособлений. Наиболее значительную их долю (80-90% общего парка приспособлений) составляют станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. Сложность построения технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. Недостаточно продуманные технологические и конструкторские решения при создании приспособлений приводят к удлинению сроков подготовки производства, к снижению его эффективности». [19]

«Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля; облегчению условий труда, сокращению количества и снижению необходимой квалификации рабочих; строгой регламентации длительности выполняемых операций; расширению технологических возможностей оборудования; повышению безопасности работы и снижению аварийности». [19]

«Производительность при использовании приспособлений повышается устранением разметки заготовок и сокращением штучного времени по всем основным технологическим операциям. Анализируя формулу штучного времени, можно установить, что при использовании приспособлений сокращаются все его составляющие. Основное время уменьшают, применяя многоинструментальную обработку и многоместные приспособления, а

также повышая режимы резания в результате увеличения жесткости технологической системы». [19]

3.1 Анализ состояния вопроса.

На токарной операции обрабатывается заготовка. Эскиз операции приведен на рисунке 3.

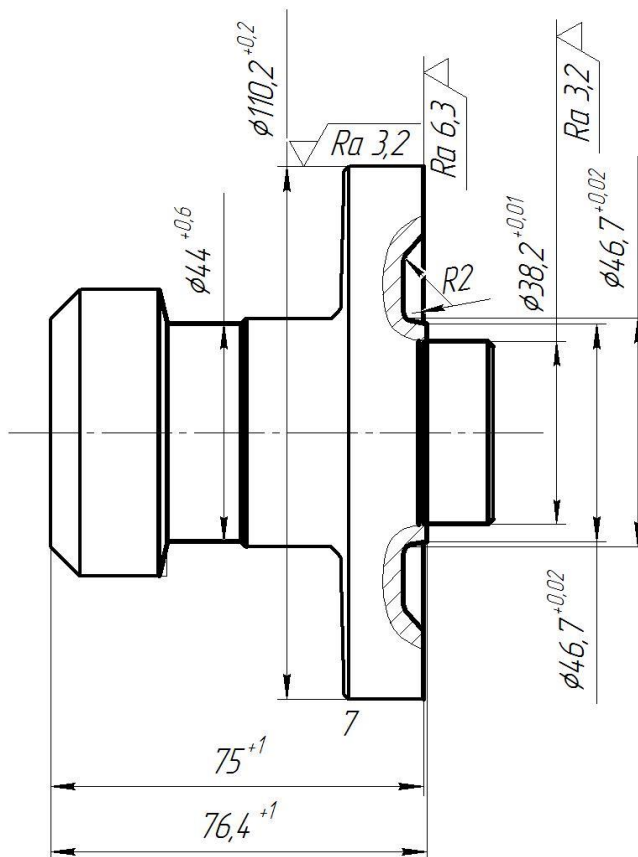


Рисунок 3 – Эскиз токарной операции

3.2 Определение сил резания.

Найдем составляющие силы резания P_z и P_y

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (20)$$

где для P_y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [19]

для P_z : $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [19]

$$K_p = 0,89. [19]$$

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,25^{1,0} \cdot 0,625^{0,75} \cdot 195^{-0,15} \cdot 0,89 = 1063,7, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,25^{0,9} \cdot 0,625^{0,6} \cdot 270^{-0,3} \cdot 0,9 = 1013,4, \text{ Н.}$$

3.3 Расчет усилия зажима кулачков.

Усилие зажима определяется

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (21)$$

где $K = 1,6; f = 0,3; [6]$

$R_0 = 47,84; R = 22,9$ мм – по условию обработки.

Тогда

$$W = \frac{1,6 \cdot 1013,4 \cdot 47,84}{0,3 \cdot 22,9} = 11291,1, \text{ Н.}$$

Определим усилие на штоке:

$$Q = P + \frac{W \cdot K_1 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot a \cdot m}{h}\right) \cdot l_1}{l}, \quad (22)$$

где $m = 0,2; [6]$

$P = 693; a = 95; h = 42; l_1 = 9; l = 38$ - по конструкции.

$$\text{Тогда } Q = 693 + \frac{11291,1 \cdot 1,6 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 95 \cdot 0,2}{38}\right) \cdot 9}{38} = 10696,8, \text{ Н.}$$

Чертеж спроектированного приспособления представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

«Нарезание зубьев червячными фрезами вследствие универсальности и высокой точности, а также высокой производительности и низких затрат на инструмент наиболее широко применяется при обработке цилиндрических зубчатых колес с открытыми и врезными шлицами. Зубофрезерованием обрабатывают колеса 6-7-й степени точности при $m \leq 15$ мм и не точнее 8-9-й степеней точности при $m > 15$ мм. При использовании прецизионного оборудования и инструмента зубофрезерование обеспечивает 4-6-ю степени точности. При изготовлении зубчатых колес 7-1 степени точности по нормам плавности и более точных после зубофрезерования часто используют шевингование. Все большее применение находит чистовое зубофрезерование по методу обката твердосплавным инструментом закаленных зубьев твердостью $HRC < 61$. Наиболее широко применяется зубофрезерование стальных зубчатых колес, твердость которых $HВ < 320$ ». [14]

«Помимо нарезания цилиндрических зубчатых колес специально спроектированными фрезами можно обрабатывать храповые колеса, звездочки цепных передач, шлицевые валы, червяки, а также при дополнительных приспособлениях на зубофрезерных станках можно нарезать зубчатые колеса с бочкообразной модификацией зубьев, конические зубчатые колеса с внутренними зубьями и многие другие детали со специальными профилями зубьев, равномерно расположенных относительно центра». [14]

«Червячная фреза получается из червяка путем образования на его винтовых поверхностях режущих кромок (рисунок 4). Для этого в червяке делают продольные (обычно винтовые) канавки, а с образовавшихся зубьев снимают затылки для образования необходимых задних углов и режущих кромок». [14]

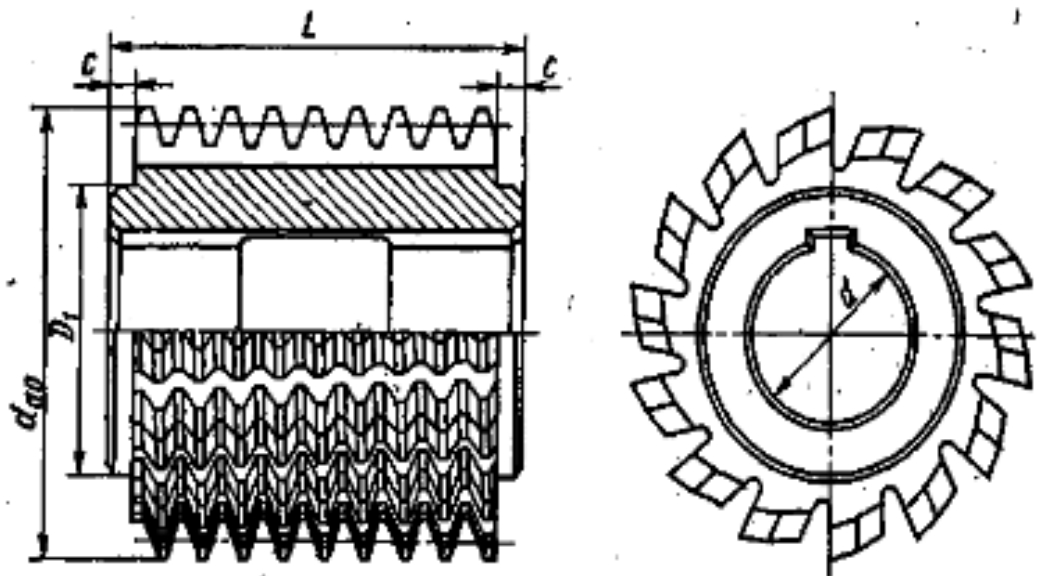


Рисунок 4 – Конструкция червячной фрезы

«Червячные фрезы для зубчатых колес подразделяются: 1) по назначению – чистовые, получистовые, под зубошлифование и черновые; 2) по числу заходов – однозаходные и многозаходные; 3) по направлению витков – правые и левые; 4) по исходному реечному контуру зубчатых колес – стандартные, со срезом кромки вершин зубьев, с касанием поверхности вершин зубьев зубчатого колеса, с поднутренными основаниями зубьев, с уменьшенным углом профиля по сравнению с обычным стандартным углом 20° ; 5) по углу канавок – с нормальными канавками по виткам нарезки; с прямыми канавками, параллельными к оси фрезы; с канавками под некоторым углом к нормальному положению; 6) по форме заборной части – прямые и с конусно-заборной частью; 7) по углу передней заточки – без поднутрения и с положительным передним углом; 8) по конструкции – насадные и хвостовые, цельные и сборные; 9) по технологии изготовления – шлифованные (со шлифованными затылованными поверхностями) и нешлифованные; 10) по точности – общего назначения и прецизионные; 11) по материалу – из быстрорежущих сталей, из вольфрамокобальтовой стали и твердосплавные». [14]

4.1 Исходные данные.

На зубофрезерной операции 50 ведется обработка малого зубчатого венца блока шестерен. В этом разделе выполним проектирование червячной фрезы для этой операции. Эскиз операции представлен на рисунке 5.

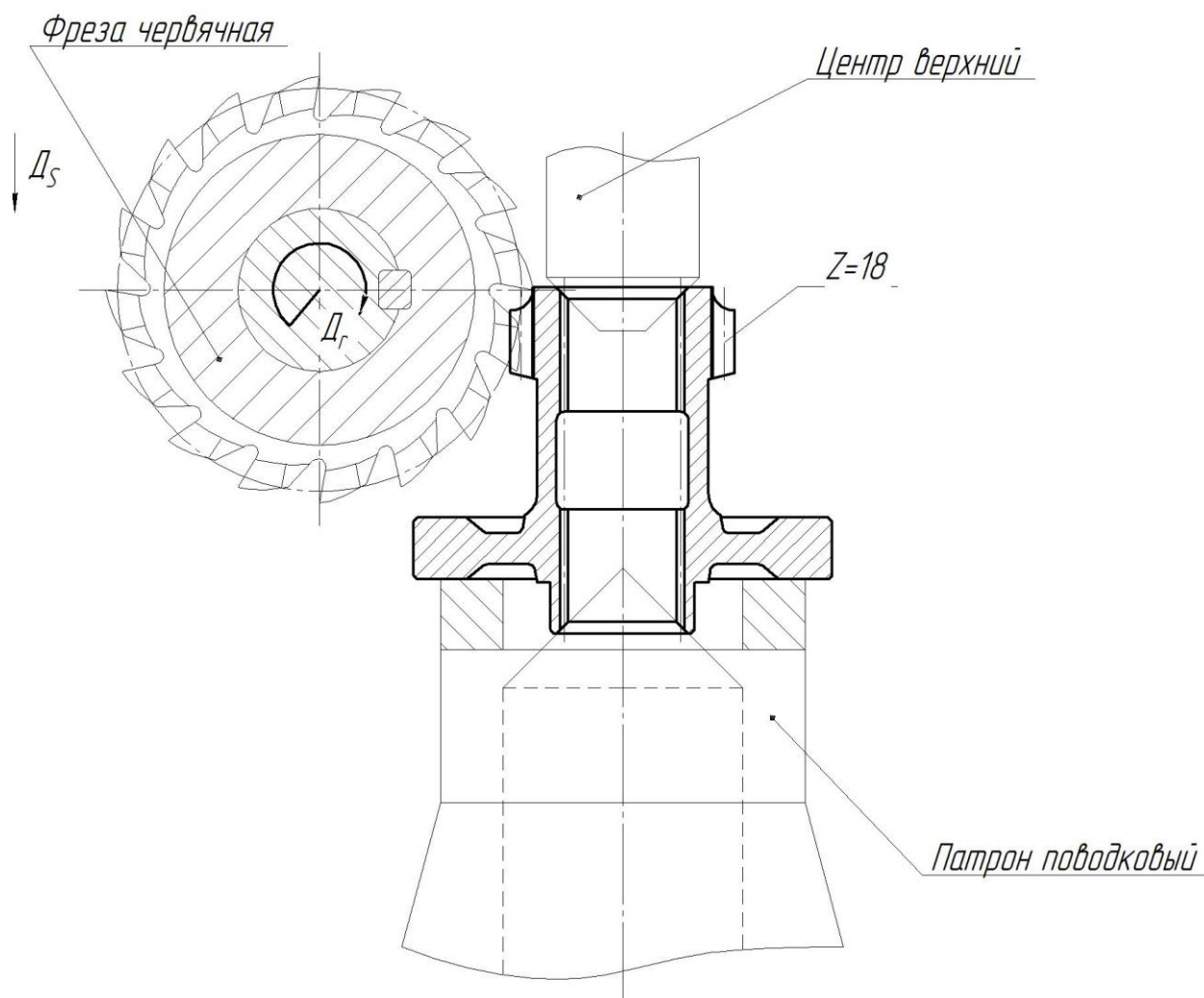


Рисунок 5 – Эскиз зубофрезерной операции

«При проектировании зуборезных червячных фрез должны быть заданы некоторые параметры зубчатого колеса: модуль m , угол давления на делительном диаметре, т.е. угол зацепления α , высота зуба h и высота головки зуба h_a (рисунок 6). Задний угол α и передний угол γ для вершинных

режущих кромок принимают по наружному диаметру. Для стандартных фрез передний угол $\gamma = 0$, задний угол $\alpha = 10-12^\circ$ ». [9]

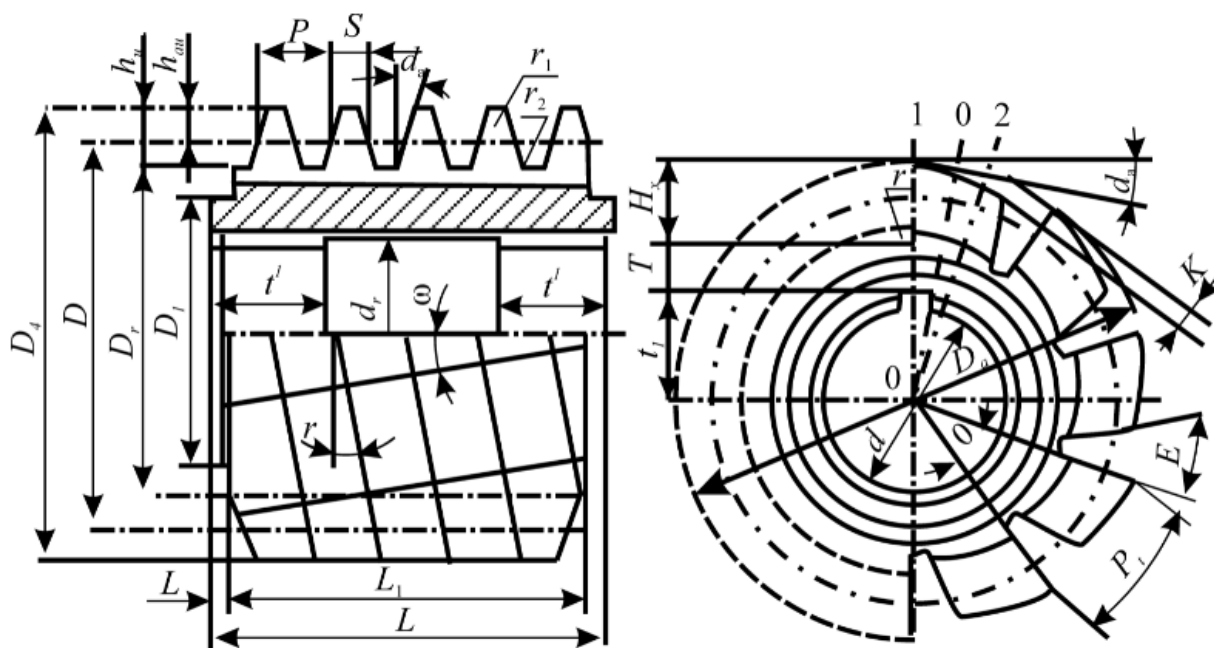


Рисунок 6 – Параметры червячной фрезы

Модуль зубьев $m = 2,75$ мм.

Число зубьев шестерни $z = 14$.

Угол наклона зубьев $\alpha = 20^\circ$.

4.2 Расчет 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 нормалям и стандартам с учетом паспортных данных зубофрезерного станка или же задается углом подъема витков исходного червяка, после чего определяют делительный, а затем наружный диаметр фрезы. При зубофрезеровании в формообразовании впадины колеса (рисунок

7) участвуют режущие кромки, расположенные по вершинам и боковым поверхностям зубьев фрезы». [9]

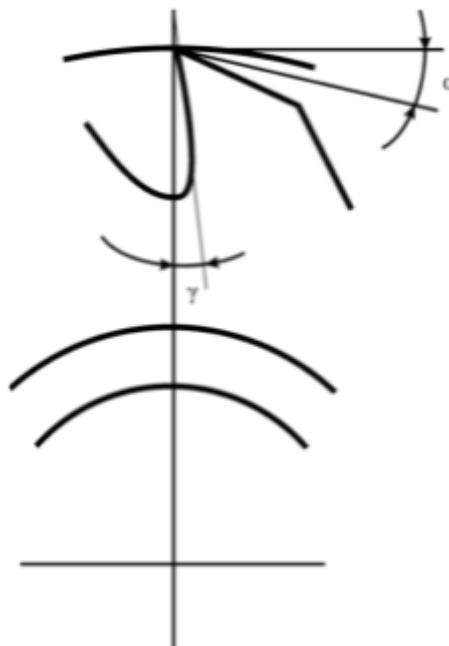


Рисунок 7 – Углы фрезы

«При этом режущие кромки, расположенные по вершинам, снимают средние толщины снимаемого слоя в 3 раза большие, чем толщины слоя, срезаемые боковыми режущими кромками. Число срезаемых слоев, приходящихся при зубофрезеровании на одну впадину колеса, возрастает с увеличением числа канавок на фрезе, снижая толщину срезаемого слоя и уменьшая нагрузку на зуб фрезы. При нарезании прямозубых и косозубых колес червячными модульными фрезами имитируется зацепление обрабатываемого колеса с червяком, роль которого выполняет червячная фреза. За главное движение резания принимают вращение фрезы, частоту которого для создания движения обката согласуют с вращением заготовки так, чтобы за время одного оборота фрезы заготовка повернулась на k/Z_3 - часть оборота, где k – число заходов червячной фрезы». [9]

Определим номинальный исходный контур фрезы.

Определим нормальный шаг

$$t_n = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 2,75 = 8,639, \text{ мм. [17]} \quad (23)$$

$$S_T = 8,639 - 4,839 = 3,8, \text{ мм.}$$

Расчетная высота головки зуба фрезы:

$$h_{OU} = d - \frac{d_\varphi}{z}, \quad (24)$$

$$\text{где } d = m \cdot z = 2,75 \cdot 14 = 38,5 \text{ мм. [8]}$$

Высота зуба исходной рейки

$$H_{PU} = \frac{d_0}{2} \cdot \cos(\alpha_0 - \alpha) - \frac{d_\varphi}{2}. \quad [17] \quad (25)$$

$$\cos \alpha_0 = \frac{d \cdot \cos \alpha}{d_0} = \frac{38,5 \cdot \cos 20^\circ}{45,79} = 0,79. \quad (26)$$

Преобразуя, получим $\alpha_0 = 37^\circ 48' 22''$.

Тогда

$$H_{PU} = \frac{45,79}{2} \cdot \cos(37^\circ 48' 22'' - 20^\circ) - \frac{32,8}{2} = 6,4, \text{ мм.}$$

Перед началом обработки червячную фрезу поворачивают таким образом, чтобы винтовая линия совпала с направлением зубьев нарезаемого зубчатого венца.

Чертеж спроектированной червячной фрезы представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Описание технического объекта.

Объектом рассмотрения является участок механической обработки детали «блок шестерен», на котором осуществляется технологический процесс, согласно среднесерийному типу производства.

Участок содержит один агрегатный станок Г9С2П2Е52, четыре токарных станка с ЧПУ 16К20Ф3, один круглошлифовальный станок модели ХС3, горизонтально-протяжной станок модели 7Б56, два вертикальных зубофрезерных станка модели АВС-А23, два зубофасочных станка модели АВС-К3, два зубошевинговальных станка модели АВС-В02, два торцекруглошлифовальных станка 3Б153 и один внутришлифовальный станок 3К227.

Перечисленное оборудование осуществляет механическую обработку производимой на участке детали.

В работе предлагается заменить станочное приспособление на токарной операции 20 работающее от ручного привода автоматизированным. Автоматизация работы станочных приспособлений позволит уменьшить работы станочников, связанные с вращением механизмов для зажима-разжима заготовки, что приведет с одной стороны к сокращению времени на установку и снятие заготовки в оборудовании, а с другой стороны снизит риски получения станочниками производственных травм на рабочем месте.

5.2 Описание предлагаемых мероприятий по безопасности и экологичности.

Автоматизация технологических процессов также является одной из приоритетных направлений развития машиностроения в стране.

Автоматизация со стороны охраны труда рассмотрения объекта является полезным усовершенствованием. Ведь это снижает риски получения рабочими травм, связанных с ручным приведением в действие станочной оснастки, в частности специального приспособления для токарной обработки заготовки. Для закрепления заготовки необходимо вставить ключ в приспособление, закрутить по часовой стрелке до упора, что приведет к движению прижима к заготовке, при этом происходит её закрепление. После проведения обработки необходимо раскрепить заготовку. При этом необходимо вставить ключ в механизм приспособления и прокрутить ключ на три-четыре оборота против часовой стрелки, что приведет к движению кулачков приспособления от поверхности заготовки, и она разожмется в приспособлении.

Автоматизацией приспособления данные действия предлагается исключить. При этом теперь станочник должен нажать на кнопку и приспособление при помощи автоматизированного привода проведет раскрепление и раскрепление заготовки. Остаются только действия по вставке заготовки перед обработкой до упора и снятие ее после обработки.

«При механической обработке металлов, пластмасс, и других материалов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных, заточных и др.) возникает ряд физических, химических, психофизиологических и биологических опасных и вредных производственных факторов. Движущиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, стружка обрабатываемых материалов, высокая температура поверхности обрабатываемых изделий и инструмента, повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека, относятся к категории физических опасных факторов». [13]

Автоматизацией работы станочного приспособления мы уменьшили движения рабочих и, таким образом, улучшили условия работы.

Высокая температура обрабатываемых изделий и инструмента, получаемая при изготовлении деталей уменьшается подачей в зону обработки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) [5], эти уменьшаются риски воздействия высоких температур на рабочих-операторов станков. Попадание СОЖ на кожу операторов станков исключается применением в конструкции станков защитных экранов. Также при открытии и закрытии зоны резания операторами необходимо надевать защитные очки [2].

Воздействие электрического тока и статического электричества практически исключается применением резиновых ковриков [4] на рабочем месте операторов станков. При этом также необходимо выполнить заземление от станин станков.

В результате разработки данного раздела нами предложены мероприятия, которые способствуют увеличению безопасности и экологичности на механическом участке обработке детали «блок шестерен». При внедрении в производство предложенных мероприятий сократиться производственный травматизм, улучшится экологическая ситуация на рабочих местах.

6 Экономическая эффективность работы

При написании бакалаврской работы было предложено изменить оснастку на операции 020 (токарная). Это изменение привело к сокращению трудоемкости выполнения операции, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, это предстоит подтвердить еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках данного раздела бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операции 020, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники: паспорт станка; учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»; данные предприятия по тарифам на энергоносители; сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;

– показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [12].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 8, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 28 261,22 рублей.

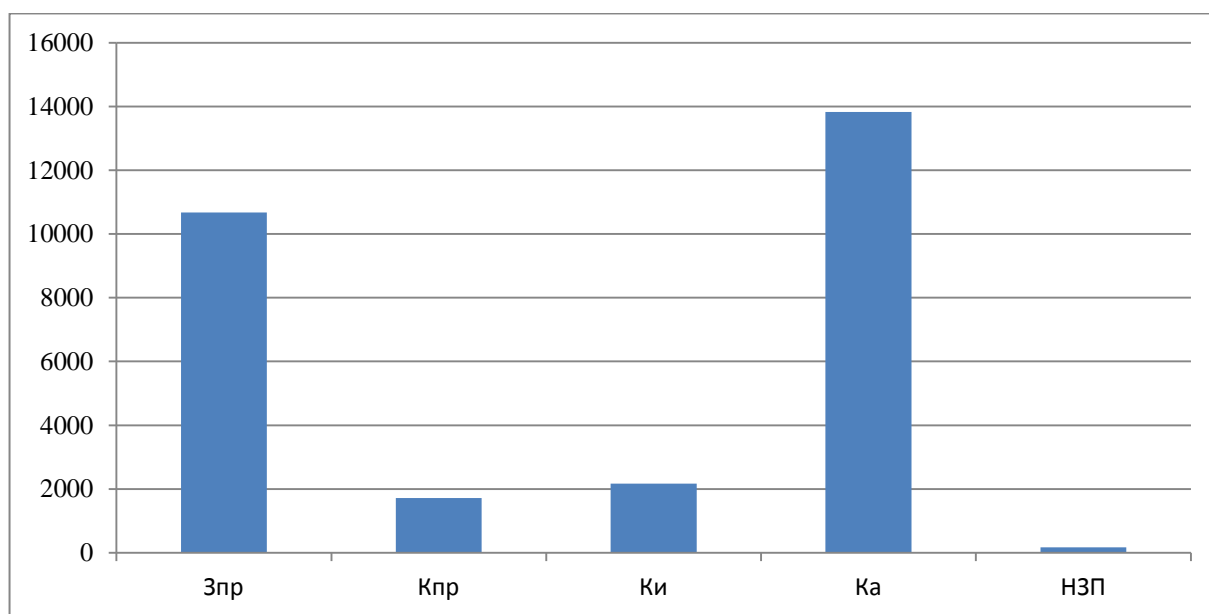


Рисунок 8 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя представленные на рисунке 8 данные, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты на управляющую программу (K_A), величина которых составляет 48,40 %, далее идут затраты на проектирование ($Z_{ПР}$), с объемом затрат 37,34 % от всей величины капитальных вложений. Следующие, по величине, это затраты на инструмент ($K_{И}$), с долей в общей объеме, равной 7,64 %. Четвертыми, являются затраты на приспособление ($K_{ПР}$), они составляют 5,91 %. И самой незначительной, является величина незавершенного производства ($НЗП$), т. к. она составляет всего 0,71 % от всей величины капитальных вложений.

На рисунке 9 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «блок шестерен трактора», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

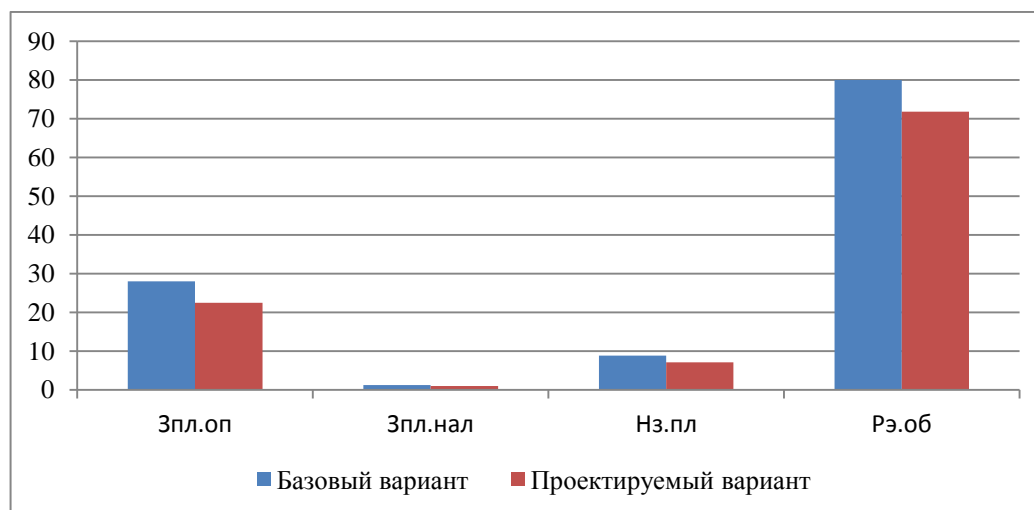


Рисунок 9 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «блок шестерен трактора», по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 9, значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, т. к. в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а при определении разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния.

Анализируя диаграмму на рисунке 9, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 67,72 % для базового варианта и 70,13 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;
- заработная плата оператора ($Z_{пл.оп}$), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе токарного станка, доля которой составляет

23,75 % для базового варианта и 21,93 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «блок шестерен трактора» по операции 020 технологического процесса, представлены на рисунке 10.

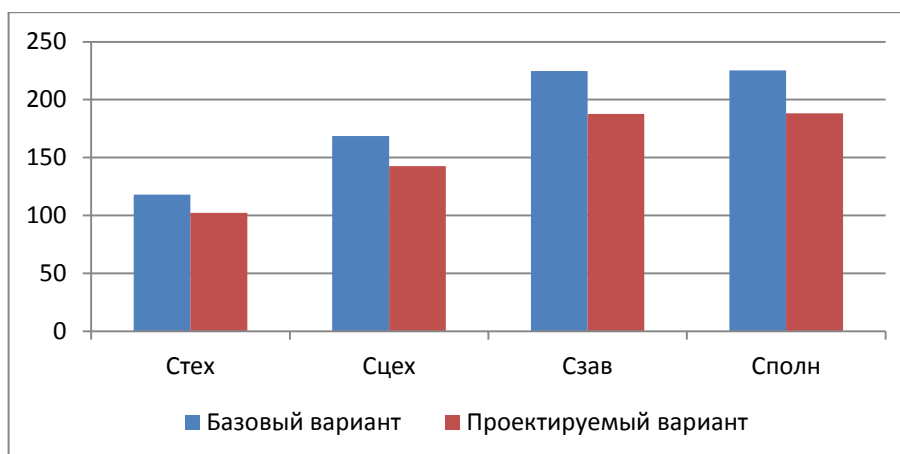


Рисунок 10 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 10, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 225,28 рублей, а для проектируемого варианта – 188,20 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 28 552,57 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является допустимым для совершенствования технологического процесса. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 4 867,05 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,13 рублей.

Заключение

В результате выполнения работы нами была поставлена цель: разработать технологический процесс изготовления блока зубчатых колес трактора заданного качества с минимальной себестоимостью.

В первом разделе выполнен анализ назначения детали «блок шестерен», выполнен анализ назначения каждой из поверхностей, рассмотрен вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается блок шестерен, а также о его свойствах. Также предлагаются несколько вариантов изготовления заготовки для детали.

Во втором разделе работы выполнен технико-экономический расчет двух вариантов получения заготовки, определен тип производства для изготовления детали и описаны его характеристики, выполнен выбор методов обработки каждой поверхности детали, составлен план изготовления блока шестерен, выполнен расчет припусков на одну из поверхностей, рассчитаны режимы резания на проектируемые технологические операции, подвергающиеся модернизации.

В третьем разделе спроектировано специальное станочное приспособление - патрон, имеющее автоматизированный привод.

В четвертом разделе работы для обработки одного из зубчатых венцов детали разработана конструкция режущего инструмента – червячной фрезы, работающего в условиях автоматизированной обработки.

В работе выполнены раздел по безопасности и экологичности, где даны рекомендации по совершенствованию условий труда на участке механической обработки.

Экономический расчет показал эффективность выполненной работы.

Работа также содержит приложения, в которых находятся маршрутные технологические карты, содержащие подробную информацию по технологическому процессу.

Список используемой литературы

1. Вереина, Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
2. ГОСТ 12.4.253-2013. Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования. – 39 с.
3. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
4. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
5. ГОСТ Р 50558-93. Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Общие технические требования. – 12 с.
6. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : Учебник. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 320 с.
7. Зубарев, Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. - 2-е изд. стер. – СПб. : Лань, 2021. – 312 с.
8. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. – СПб. : Лань, 2019. – 228 с.
9. Иванов, И.С. Технология машиностроения : учебное пособие / И.С.Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 240 с.
10. Клепиков, В.В. Основы технологии машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 295 с.
11. 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.

12. Краснопевцева, И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

13. Люманов, Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : Учебное пособие / Э.М. Люманов, Г.Ш. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2019. – 224 с.

14. Моргунов, А.П. Производство зубчатых колес : учеб. пособие / А.П. Моргунов, И.В. Ревина. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. – 228 с.

15. Погонин, А.А. Технология машиностроения : Учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530.

16. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

17. Резников, Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти, Изд-во ИГУ, 2016. – 208 с.

18. Сергеев, Н.Н. Технология металлов и сплавов : учебник / [Н.Н. Сергеев и др.]; под ред. д-ра техн. наук, профессора А.Е. Гвоздева. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 480 с.

19. Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : Учебное пособие / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 304 с.

20. Тимирязев, В.А. Основы технологии машиностроительного производства : учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 448 с.

Приложение А
Маршрутные карты

Таблица А.1 – Маршрутные карты

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------|--|----------------|-------------|----------------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------|------|-------------|----|-------------|------|-----|
| Дир. _____ | | Зам. _____ | | Инж. _____ | | Инж. _____ | | Инж. _____ | | Инж. _____ | | Инж. _____ | | Инж. _____ | | |
| Взам. _____ | | Взам. _____ | | Взам. _____ | | Взам. _____ | | Взам. _____ | | Взам. _____ | | Взам. _____ | | Взам. _____ | | |
| Подп. _____ | | Подп. _____ | | Подп. _____ | | Подп. _____ | | Подп. _____ | | Подп. _____ | | Подп. _____ | | Подп. _____ | | |
| Разработал <i>Замила</i> | | Проверил <i>Логинов</i> | | Утвердил _____ | | И.контр. _____ | | ТГУ Кафедра ОТМП | | | | | | | | |
| Блок шестерен | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M01 <i>Сталь 20ХГНМ ТУ 14-1-2252-90</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Код | ЕВ | МД | ЕН | Н.расх. | КМ | Код заготовки | Профиль и размеры | | | | КД | МЗ | | |
| | | | 166 | 17 | 1 | | | 15 | φ112x95,6 | | | | 1 | 24 | | |
| | | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | | | Обозначение документа | | | | | | | |
| | | Код, наименование оборудования | | | | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт | Тпоз | Тшт |
| | | A03 | XX XX XX | 000 | 4280 | Заготовительная XXXXX | | | ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX | | | | | | | |
| | | B04 | КГШП | | | | | | | | | | | | | |
| | | O5 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | A06 | XX XX XX | 010 | 4101 | Агрегатная | | | ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX | | | | | | | |
| | | B07 | 381.884. | ГРС2П2Е52 | 3 | 18632 | 311 | И1 | 1 | 1 | 1 | 100 | 1 | 10 | 2,91 | |
| | | O 08 | <i>Центровать два торца, выдерживая глубины 12^{+0,2} и на торце φ12^{+0,1}; Подрезать торцы в размер 89,5. Точить φ41 до φ38,496 в размер l= 14</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | | O 09 | <i>Сверлить отверстие φ26^{+0,2} сквозное. Расточить φ33 на длину l=25.</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | | T 10 | <i>391267. XXXX(2) центровочное сверло тип А Р6М5 ГОСТ 14.952-82; XXXX Пластина торцовая Т5К10(2)</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | | T 11 | <i>391267 Сверло 2301-174.8 ГОСТ 22736-77(2). 393311. XXXX-ШЦ-І-150-0,1; 393550 Специальный шаблон</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | A 13 | XX XX XX | 020 | 4112 | Токарная программная | | | | | | | | | | |
| | | B 14 | 381.111 | XXXX | SAMAT-400XC | 2 | 15292 | 411 | Р | 1 | 1 | 100 | 1 | 10 | 2,0 | |
| | | O 15 | <i>Точить поверхности, выдерживая размеры φ110,2^{+0,2}; φ44^{+0,6}; φ38,2^{+0,01}; φ46,7^{+0,02}; φ53,3^{+0,3}</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | | O 16 | <i>φ53,3^{+0,3}; φ90^{+0,7}; 15,582^{+0,6}; 75⁺¹; 76,4</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | | MK | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| А | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | | | | |
|------|---|----|----|------|----------------------------|--------------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|-----|
| | | | | | | Код, наименование оборудования | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт |
| Т 19 | 392101 Резец 2101-0641 ГОСТ 20872-80(2); 392101 Резец 2101-0797 ГОСТ 20872-80(2) | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 20 | 393311. ХХХХ-ШЦ-I-150-01; 393550 Специальные шаблоны | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 22 | ХХ ХХ ХХ 030 4130 Шлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 23 | 381.31Х.ХХХХ ХСЗ 2 18873 412 1Р 1 1 1 100 1 10 0,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| О 24 | Шлифовать поверхность, выдерживая размер $\varnothing 37,853^{+0,03}$; 393550 Специальный шаблон | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 25 | 27075015 – Круг шлифовальный ГОСТ 2424-83. | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 26 | 81024089 – Скоба жесткая для контроля $\varnothing 37,853^{+0,03}$; 393550 Специальный шаблон. | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 28 | ХХ ХХ ХХ 040 4181 Протяжная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 29 | 381.751 ХХХХХХ Горизонтально-протяжной 7Б55У 2 412 1Р 1 1 1 100 1 10 0,6 | | | | | | | | | | | | | | |
| О 30 | Протянуть шлицы в-6х28f7х32a11х6f9 ГОСТ 1139-80 | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 31 | 392302 Протяжка 2330 ГОСТ 7943-80 | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 32 | 393120 Калибр-градка ГОСТ 14287-73; 393550 Специальный шаблон. | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 34 | ХХ ХХ ХХ 050 4153 Зубофрезерная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 35 | 381.572 ХХХХ Вертик. зубофрезерный АВС-А23 3 12287 412 1Р 1 1 1 100 1 10 8,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| О 36 | Фрезеровать зубч. венец П-т=2,75; Z=18 | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 37 | 391810 Фреза червячная т=2,75 А ГОСТ 1643-81 | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 38 | 394300 Приспособление для комплексного контроля зуба | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 40 | ХХ ХХ ХХ 060 4153 Зубофрезерная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 41 | 381.572 ХХХХ Вертик. зубофрезерный АВС-А23 3 12287 412 1Р 1 1 1 100 1 10 8,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| А | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | | | | | |
|------|--|---|----|------|----------------------------|-----------------------|-------|-----|----|------|----|----|-----|------|-----|------|
| Б | Код, наименование оборудования | | | | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт | Тпоз | Тшт | |
| Т 69 | 391810 Фреза червячная т=2 А ГОСТ 1643-81 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 70 | 394300 Приспособление для комплексного контроля зуба | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 72 | XX XX XX 070 4154 Зубофасочная ИОТ ИЗ 7.101.XXXX-XX | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 73 | 381573 | Зубофасочный АВС-КЗ | | | | 3 | 12287 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 100 | 1 | 10 | 1,9 |
| О 74 | Точить фаски и снять заусенцы с венца П т=2,75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 75 | 391815 Головка зубофасочная; 391816 Головка резцовая | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 76 | 394310 Прибор для комплексного контроля зуба | | | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 78 | XX XX XX 080 4154 Зубофасочная ИОТ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 79 | 381573 | XXXX Зубофасочный станок АВС-КЗ | | | | 3 | 12287 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 100 | 1 | 10 | 2,41 |
| О 80 | Точить фаски и снять заусенцы с венца Р, т=2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 81 | 391818 Головка зубофасочная; 391819 Головка резцовая | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 82 | 394310 Прибор для комплексного контроля зуба | | | | | | | | | | | | | | | |
| 83 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 84 | XX XX XX 090 4157 Зубошеввинговальная ИОТ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 85 | 381574 | XXXX Зубошеввинговальный станок АВС-В02 | | | | 3 | 12287 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 100 | 1 | 10 | 14 |
| О 86 | Шевинговать зчбья венца П, т=2,75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 87 | 392430 Шейвер дисковый 2570-0386 ГОСТ 8570-80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 88 | 394310 Прибор для комплексного контроля зуба | | | | | | | | | | | | | | | |
| 89 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 90 | XX XX XX 100 4157 Зубошеввинговальная ИОТ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 91 | 381574 | XXXX Зубошеввинговальный станок АВС-В02 | | | | 3 | 12287 | 412 | 1Р | 1 | 1 | 1 | 100 | 1 | 10 | 18 |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | | |

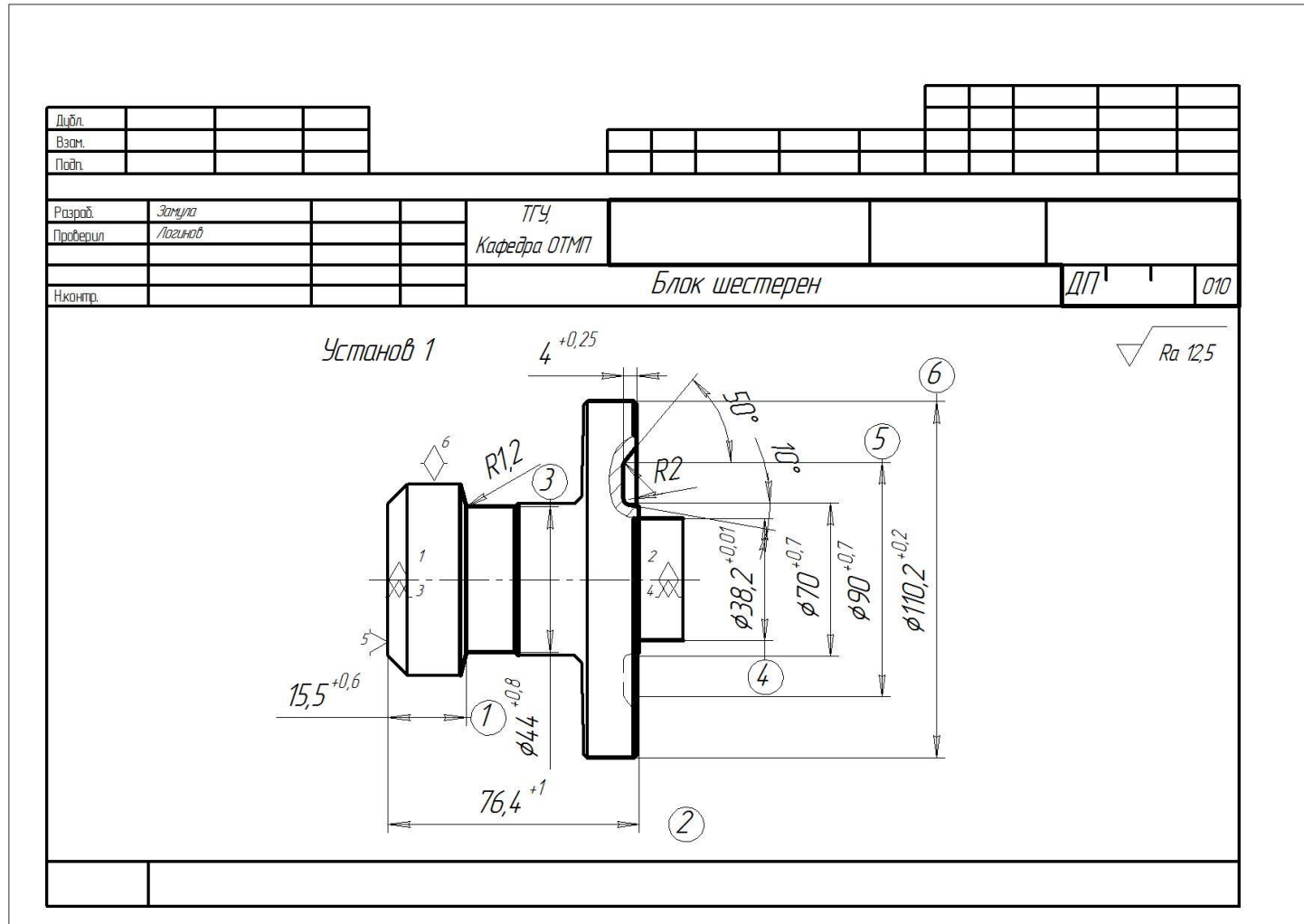
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| А | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|----|----|------|---|--------------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|------|------|------|--|--|--|
| | | | | | | Код, наименование оборудования | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Китп | Тноз | Тштп | | | |
| О 94 | | | | | Шевинговать зубья венца Р, т=2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 95 | | | | | 392430 Шейвер дисковый 2571-0386 ГОСТ 8570-80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 96 | | | | | 394310 Прибор для комплексного контроля зуба | | | | | | | | | | | | | | | |
| 97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 98 | | | | | XX XX XX 105 Термическая | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 99 | | | | | XX XX XX 110 4131 Торцевкруглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 100 | | | | | 381311 ХХХХ Торцевкруглошлифовальный станок 3Б153 2 18873 412 1Р 1 1 1 100 1 10 0,45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 101 | | | | | Шлифовать поверхность, выдерживая $\varnothing 37,169, 14^{+0,1}$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 102 | | | | | 398110 Шлифовальный круг из норм. эл. корунда 24А, зернистость 25, тверд. СМ1 на керамич. основе ГОСТ 2424-83 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 103 | | | | | 8124089 - скода жесткая для контроля $\varnothing 37,169$; 393550 Специальный шаблон | | | | | | | | | | | | | | | |
| 104 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 105 | | | | | XX XX XX 115 4131 Торцевкруглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 106 | | | | | 381311 ХХХХ Торцевкруглошлифовальный станок 3Б153 2 18873 412 1Р 1 1 1 100 1 10 0,45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 107 | | | | | Шлифовать поверхность, выдерживая $\varnothing 37,01, 14^{+0,05}$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 108 | | | | | 398110 Шлифовальный круг из норм. эл. корунда 24А, зернистость 5, тверд. СМ1, на керамич. осн. ГОСТ 2424-83 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 109 | | | | | 81024089 - скода жесткая для контроля $\varnothing 37,01$; 393550 Специальный шаблон | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 111 | | | | | XX XX XX 120 4132 Внутришлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХ-ХХ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 112 | | | | | 381312 ХХХХ Внутришлифовальный станок 3К227 2 18873 412 1Р 1 1 1 100 1 10 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 113 | | | | | Шлифовать поверхность $\varnothing 28_{-0,041}$ отверстия флюка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 114 | | | | | 398110 Шлифовальный круг из норм. эл. корунда 24А15СМ18К5 ГОСТ 2424-83 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 115 | | | | | 87336749 - Калибр для контроля размера $\varnothing 28_{-0,020}$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 116 | | | | | XX XX XX 130 Контрольная | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

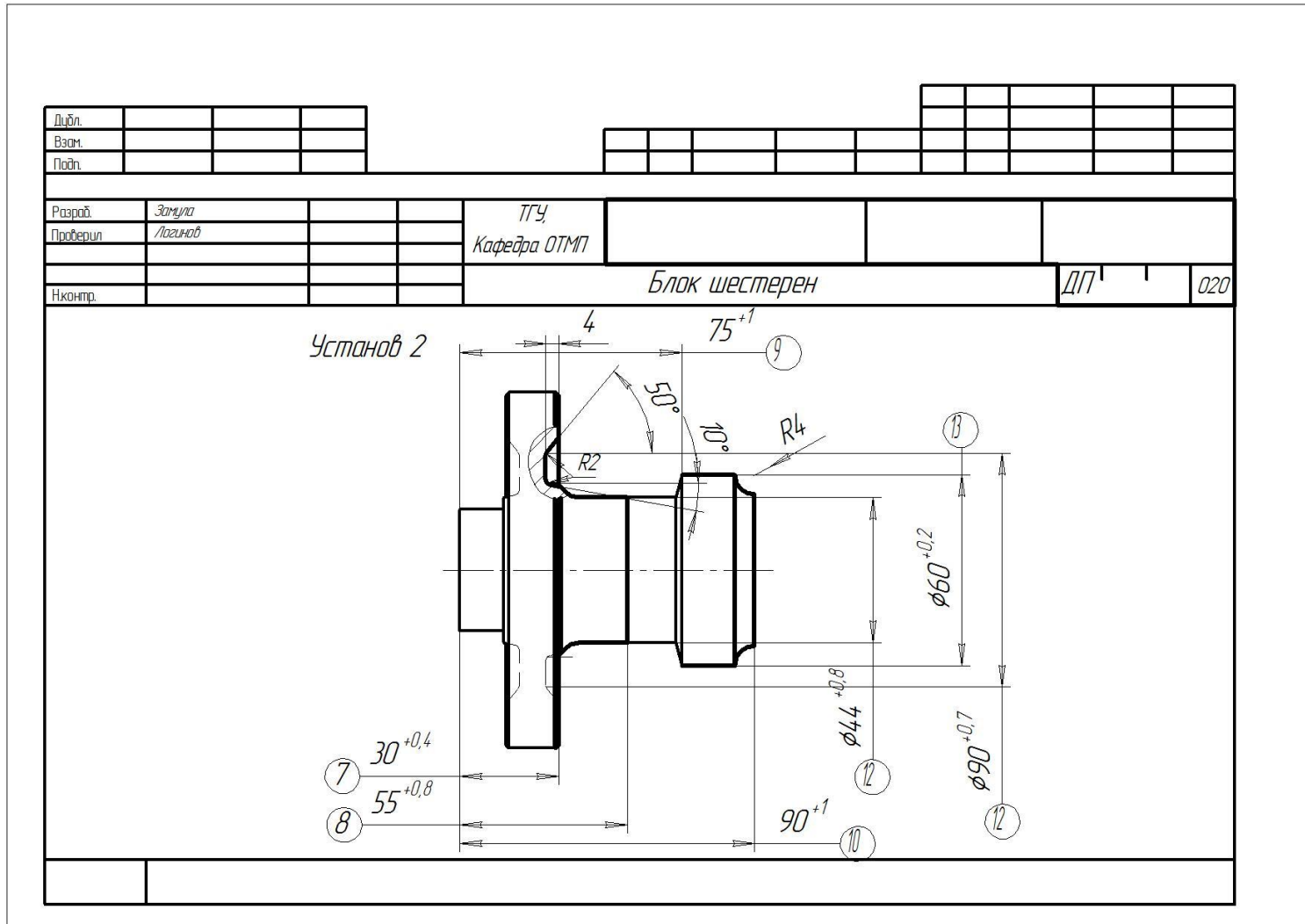
Приложение Б
Операционные карты

Таблица Б.1 – Операционные карты



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| ГОСТ 3.118-82 | | | | | | | | | | Форм. 1 | | |
|------------------------------|--|------------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------|------|---------|------|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | |
| Подп. | | | | | | | | | | | | |
| Разраб. | Затула | | | ТГУ | | | | | | | | |
| Проверил | Логинюв | | | Кафедра ОТМП | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | Блок шестерен | | | Цех | Уч. | Р.М. | Опер. | | |
| Наименование операции | | Материал | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД | |
| Токарная программная | | Сталь 20ХГНМ ТУ 14-1-2252-90 | | НВ 280±20 | 166 | 2,1 | φ122,4х135 | | | 24 | 1 | |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | Обозначение программы | | Т _а | Т _б | Т _в | Т _ш | СОХ | | | | |
| Токарный САМАТ-400ХС | | | | 16 | 0,3 | 0,1 | 2,0 | Украина-1 | | | | |
| | | | PI | 0 или B | L | + | i | S | n | V | | |
| 01 | 1. Установить заготовку | | | | | | | | | | | |
| Т 02 | 396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71 | | | | | | | | | | | |
| О 03 | Точить поверхности, выдерживая размеры 1-6 | | | | | | | | | | | |
| Р 04 | 392101 Резец 2101-0641 ГОСТ 20872-80; 392101 Резец 2101-0797 ГОСТ 20872-80 | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | 110,2/44 | 182 | 1,25 | 1 | 0,37 | 630 | 79/140 | | |
| 06 | 2. Переустановить заготовку | | | | | | | | | | | |
| 07 | 396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71 | | | | | | | | | | | |
| 08 | Точить поверхности, выдерживая размеры 7-13 | | | | | | | | | | | |
| 09 | 392101 Резец 2101-0641 ГОСТ 20872-80; 392101 Резец 2101-0797 ГОСТ 20872-80 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 393311 ХХХХ-ШЦ-1-150-0.1; 393650 Специальные шаблоны 110,2/44 182 1,25 1 0,37 630 79/140 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |