

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 червяка редуктора

Студент

И.П. Приказнов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

Тольятти 2021

Аннотация

Тема работы: Технологический процесс изготовления червяка редуктора.

Работа направлена на разработку технологического процесса изготовления червяка редуктора.

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

Второй раздел работы направлен на выполнение технико-экономического расчета двух вариантов получения заготовки, определяется тип производства для изготовления детали и описываются его характеристики, выполняется выбор методов обработки каждой поверхности детали, составляется план изготовления червяка, выполняется расчет припусков на одну из поверхностей, рассчитываются режимы резания на технологические операции, подвергающиеся модернизации.

Третий раздел направлен на проектирование специального станочного приспособления - тисков, имеющего автоматизированный привод.

В четвертом разделе работы для обработки шпоночного паза разрабатывается конструкция режущего инструмента – шпоночной фрезы, работающего в условиях автоматизированной обработки.

В работе выполнены раздел по безопасности и экологичности, а также расчет экономической эффективности.

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

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали	5
1.2 Классификация поверхностей детали	6
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.5 Расчет припусков.....	14
2.6 Определение режимов обработки.....	17
3 Проектирование станочного приспособления.....	22
3.1 Анализ исходных данных.....	23
3.2 Определение крутящего момента и сил резания	23
4 Проектирование режущего инструмента.....	26
4.1 Исходные данные.....	27
4.2 Расчет конструктивных параметров фрезы.....	27
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	30
5.1 Описание технического объекта.....	30
5.2 Описание предлагаемой модернизации техпроцесса	30
5.3 Описание предлагаемых мероприятий по безопасности и экологичности.....	31
5.4 Заключение по разделу.....	32
6 Экономическая эффективность работы.....	33
Заключение.....	38
Список используемой литературы	39
Приложение А. Маршрутные карты.....	41

Введение

Машиностроение – одна из главных отраслей современной мировой промышленности. Создание новых машин, которые бы имели более высокий коэффициент полезного действия, более высокие скорости, передаваемые мощности, степень безопасности и автоматизации являются главными задачами современных машиностроительных предприятий.

Иногда в машиностроении требуется резкое снижение частоты вала. Для этого широко используется червячная передача, которая способна за очень короткую кинематическую цепь снизить частоту вала в триста тридцать и более раз. Поэтому для резкого снижения частоты вращения широко используются червячные редукторы, которые зачастую состоят из всего одной червячной передачи. Червячная передача состоит из двух следующих элементов: червяк и червячное колесо. Валы, на которых вращаются эти единицы, скрещиваются в механизмах под прямым углом. Ведущим звеном в червячной передаче является червяк, который приводит во вращение червячное колесо. Червяк представляет собой цилиндр, на котором нарезана модульная резьба. Он имеет два следующих параметра: модуль и число заходов резьбы. Червячное колесо входит в зацепление с червяком зубьями. Как и обычное зубчатое колесо, оно имеет два параметра модуль и число зубьев. Зубья червячного колеса заходят в резьбу червяка и, таким образом, червячному колесу передается вращение.

Качеству изготовления червячных редукторов придается огромное значение, ведь от него зависит долговечность механизмов и точность передаваемого крутящего момента.

Целью работы является разработка технологического процесса червяка редуктора заданного качества с наименьшей себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее работы.

«Червячные передачи относят к передачам с зацеплением. Червячная передача – аналог зубчато-винтовой передачи, движение в которой осуществляют по принципу винтовой пары. Если расечь червячную передачу плоскостью, перпендикулярной к оси колеса, то в сечении получим плоское реечное зацепление. Червячная передача – механизм для передачи вращения между валами, пересекающимися под углом 90° посредством винта – червяка и сопряженного с ним червячного колеса». [8]

«Ведущим элементом в передаче обычно является червяк, ведомым червячное колесо с зубьями дуговой формы, получаемые в результате облегания поверхностной формы витков червяка. При вращении червяка вокруг своей оси его витки перемещаются вдоль образующей своей цилиндрической поверхности. В результате червяк приводит во вращение червячное колесо, контактирующее с ним. В червячных передачах имеет место линейный контакт. Дуговая форма зубьев колеса обеспечивает увеличение длины контактных линий». [8]

Червяк представляет собой цилиндр, на котором нарезана модульная резьба. Он имеет два следующих параметра: модуль и число заходов резьбы. Червячное колесо входит в зацепление с червяком зубьями. Как и обычное зубчатое колесо, оно имеет два параметра модуль и число зубьев. Зубья червячного колеса заходят в резьбу червяка и, таким образом, червячному колесу передается вращение.

«Червячные передачи имеют очень важное свойство: движение передается только от червяка к колесу, а не наоборот. Никакой вращающий момент, приложенный к колесу, не заставит вращаться червяк. Таким образом, редуктор с червячной передачей позволяет исключить из конструкции привода дополнительное тормозное устройство. Именно

поэтому червячные передачи находят широкое применение в подъемных механизмах, например в лифтах». [8]

«В приводе лифтов электродвигатель соединен с червяком, а стальной канат кабины намотан на вал червячного колеса во избежание самопроизвольного опускания или падения. Червячный редуктор используют как составную часть мотор-редукторов, устанавливаемых в троллейбусах, турбинах, металлорежущих станках, подъемниках, то есть везде, где плавная остановка привода принципиально важна». [8]

1.2 Классификация поверхностей детали.

Пронумеруем поверхности фланцам и представим это на рисунке 1.

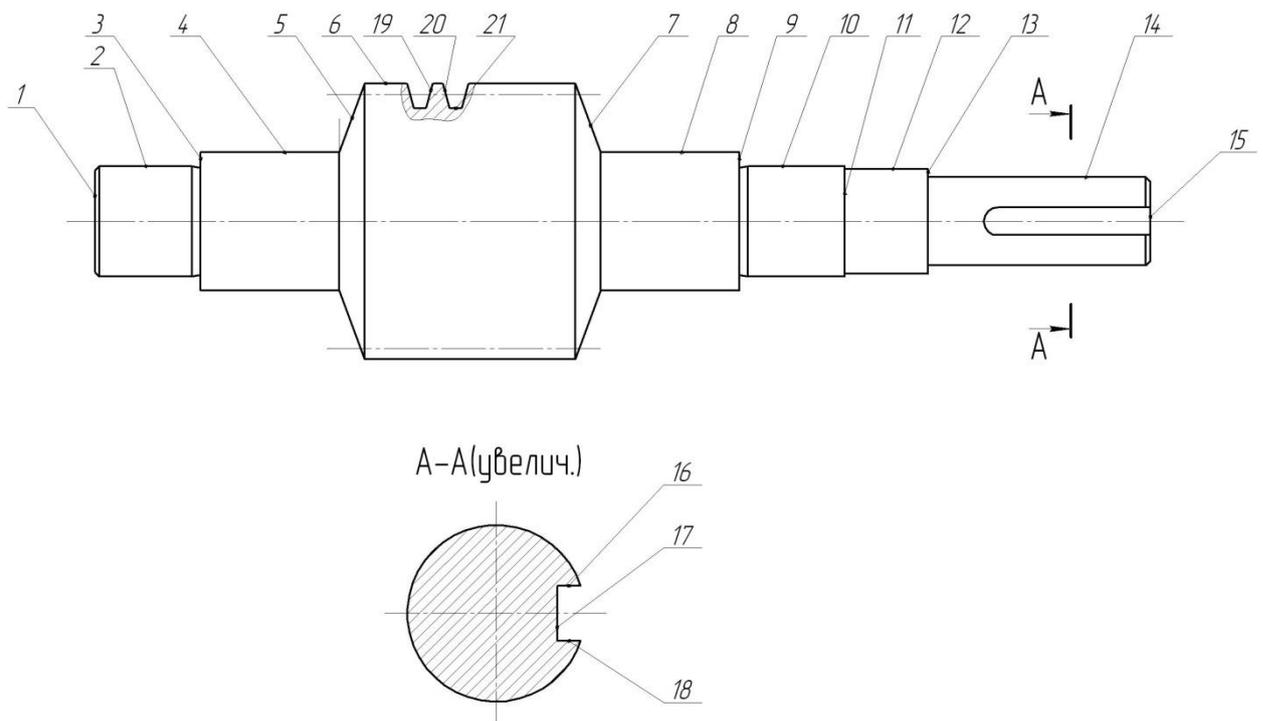


Рисунок 1 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями червяка являются боковые стороны модульной резьбы – поверхности 19 и 20, передающие вращение червячному колесу, а также боковые стороны шпоночного паза – поверхности 16 и 18, которыми червяк приводится во вращение.

Основными конструкторскими базами червяка являются цилиндрические наружные поверхности 2 и 10, в которых червяк помещается во вращающиеся опоры, а также торцовая поверхность 9, ограничивающая его перемещение вдоль собственной оси.

Вспомогательной конструкторской базой червяка является поверхность 17.

Остальные поверхности червяка – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Материалом фланца является конструкционная сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [4]. Данный материал соответствует требованиям по прочности и твердости. Он состоит из углерода (С) с содержанием 0,36...0,44%, марганца (Mn) с содержанием 0,5...0,8%, фосфора (Р) с содержанием не более 0,035%, кремния (Si) с содержанием 0,17...0,37%, никеля (Ni) с содержанием не более 0,3%, серы (S) с содержанием не более 0,035%, хрома (Cr) с содержанием 0,8...1,1%, меди (Cu) с содержанием не более 0,3%. Остальное в составе стали – железо (Fe).

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

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

σ_B	ψ	σ_T	δ_5	НВ
МПа	%	МПа	%	не более
530	32	275	15	197

«Деталью называют изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Информационный образ детали создан конструктором и содержится в конструкторской документации». [15]

«Конструктивная форма детали – это замкнутый объем, образованный сочетанием простых геометрических поверхностей – плоскостей, цилиндров, конусов, сфер и т.д. Например, простейшая втулка образуется сочетанием наружного и внутреннего цилиндров и двух кольцевых плоскостей торцов, перпендикулярных к оси цилиндрических поверхностей. Разные втулки, имея один и тот же состав образующих их поверхностей, отличаются друг от друга размерами этих поверхностей и их взаимным расположением. Так, при расстоянии между осями наружного и внутреннего цилиндров, равным нулю (соосные цилиндры), имеем равностенную втулку. Если же это расстояние отлично от нуля, имеем разностенную (эксцентричную) втулку». [15]

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». [20]

«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». [20]

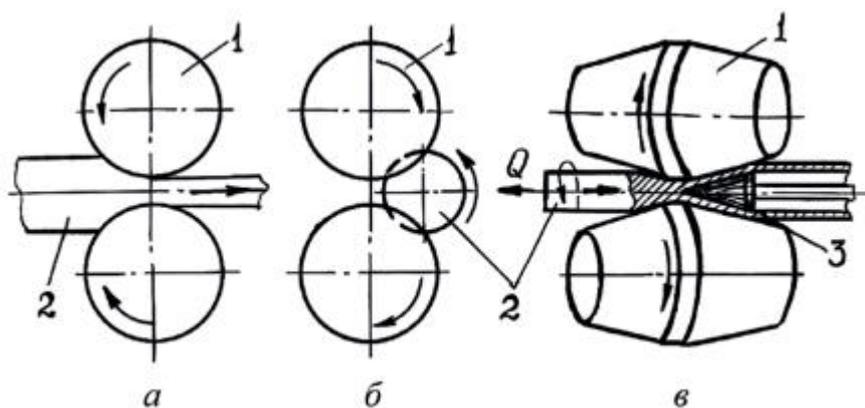


Рисунок 2 – Основные виды прокатки:

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». [20]

«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 $Rz = 40 \dots 10 \text{ мкм}$ ». [20]

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». [17]

В нашем случае будем основываться на массе заготовки $m=7,55$ кг и программе выпуска в $N=5000$ деталей в год. Исходя из этих показателей [17], принимаем среднесерийный тип производства.

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». [17]

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

2.3 Выбор метода получения заготовки.

«Металлы и сплавы на их основе являются основными конструкционными материалами, основой современного машино- и приборостроения. Объем производства черных и цветных металлов и сплавов всегда является важнейшим показателем уровня развития экономики, мощи и обороноспособности государства». [20]

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 [6] масса заготовки будет равна 10,5 кг, а при прокате [3] - 26,1 кг.

Рассчитаем стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [11].

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

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [11]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой [11].

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

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [20]

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 [11].

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

где $Q_{ум} = 10,5$; $q = 7,55$ кг - массы заготовки и детали;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [11]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 10,5 + 0,6578(10,5 - 7,55) - (10,5 - 7,55)0,0144 = 4,7489 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [11].

$$C_{мн} = C_{заг} \cdot Q_{нр} + C_{мех} (Q_{нр} - q) - C_{отх} (Q_{нр} - q), \quad (4)$$

где $Q_{нр} = 26,1$; $q = 7,55$ кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [11]}$$

Тогда

$$C_{мн} = 0,1219 \cdot 26,1 + 0,6578(26,1 - 7,55) - (26,1 - 7,55)0,0144 = 15,1167 \text{ руб.}$$

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

Годовая экономия при этом

$$\mathcal{E}_2 = (C_{мн} - C_{ми})N_2 = (15,1167 - 4,7489)5000 = 51839 \text{ руб.}$$

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». [9]

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 12,5) поверхностей 1, 15 назначим последовательность их обработки: центrovально-подрезная операция.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 6) и требуемой шероховатости (Ra 0,4) поверхностей 2, 10 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование, полировка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 12,5) поверхностей 3, 5, 7, 11, 13 назначим последовательность их обработки: черновое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 3,2) поверхностей 4, 6, 8 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 0,8) поверхности 9 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 11) и требуемой шероховатости (Ra 12,5) поверхности 12 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости (Ra 1,6) поверхности 14 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 9) и требуемой шероховатости (Ra 3,2) поверхностей 16, 18 назначим последовательность их обработки: шпоночно-фрезерная операция.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 12) и требуемой шероховатости (Ra 12,5) поверхности 17 назначим последовательность ее обработки: шпоночно-фрезерная операция.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 7) и требуемой шероховатости (Ra 0,8) поверхностей 19, 21 назначим последовательность их обработки: резьбофрезерная и резьбошлифовальная операции.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 12) и требуемой шероховатости (Ra 12,5) поверхности 20 назначим последовательность ее обработки: резьбофрезерная операция.

2.5 Расчет припусков.

«Припуском называется слой материала, удаляемый в процессе механической обработки заготовки в целях достижения заданных точности и качества обрабатываемой поверхности». [9]

«Установление оптимальных припусков на обработку и технологических допусков на размеры заготовок по всем переходам имеет существенное технико-экономическое значение при разработке технологических процессов изготовления деталей машин. Завышенные припуски ведут к перерасходу материала на изготовление деталей, вызывают необходимость введения дополнительных технологических переходов, увеличивают трудоемкость процессов обработки, затраты энергии и рабочего инструмента, повышают себестоимость детали. При увеличенных припусках в некоторых случаях удаляется наиболее износостойкий поверхностный слой обрабатываемой детали». [9]

Определим припуски на обработку поверхности с параметрами $\varnothing 40k6^{+0,018}_{+0,002}$, $L = 34$ мм, $Ra = 0,4$ мкм расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из черного и чистового точения, термообработки, черного и чистового шлифования и полирования.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$a = R_z + h_o. [2] \quad (5)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td. [2] \quad (6)$$

Допуски на каждый переход выбраны по [13].

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625.$$

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

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

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

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

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

$$\Delta_{05} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). [2] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,625^2 + 0,025^2} = 1,025, \text{ мм.}$$

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

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

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

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{(\Delta_4)^2 + \varepsilon_5^2} = 0,025 + \sqrt{0,004^2 + 0} = 0,029, \text{ мм.}$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,025 + 0,5(2,500 + 0,250) = 2,400.$$

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

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

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

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5(Td_4 + Td_5) = 0,029 + 0,5(0,016 + 0,016) = 0,045.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{5\min} = 40,002.$$

$$d_{5\max} = 40,018.$$

$$d_{4\min} = d_{5\max} + 2 \cdot Z_{5\min} = 40,018 + 2 \cdot 0,029 = 40,076.$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_4 = 40,076 + 0,016 = 40,092.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 40,092 + 2 \cdot 0,060 = 40,212.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 40,212 + 0,016 = 40,228.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 40,228 + 2 \cdot 0,125 = 40,478.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 40,478 + 0,100 = 40,578.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 40,578 \cdot 0,999 = 40,537.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 40,537 + 0,062 = 40,599.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 40,599 + 2 \cdot 0,263 = 41,125.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 41,125 + 0,250 = 41,375.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 41,375 + 2 \cdot 1,025 = 43,425.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 43,425 + 2,500 = 45,925.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(45,925 + 43,425) = 44,675.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1max} + d_{1min}) = 0,5(41,375 + 41,125) = 41,250.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2max} + d_{2min}) = 0,5(40,599 + 40,537) = 40,568.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO3max} + d_{TOmin}) = 0,5(40,478 + 40,578) = 40,528.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(40,228 + 40,212) = 40,220.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(40,092 + 40,076) = 40,084.$$

$$d_{cp5} = 0,5(d_{5max} + d_{5min}) = 0,5(40,018 + 40,002) = 40,010.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{5max}. \quad (10)$$

$$2Z_{min} = 43,425 - 40,010 = 3,415.$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_5. \quad (11)$$

$$2Z_{max} = 3,415 + 2,5 + 0,016 = 5,931.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5(5,931 + 3,415) = 4,673.$$

2.6 Определение режимов обработки.

«Определение режимов резания – это выбор наиболее выгодного сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающего наименьшую трудоемкость при полном использовании режущих свойств инструмента, эксплуатационных возможностей станка и при соблюдении требуемого качества заготовки. Глубину резания находят в зависимости от припуска на обработку. Глубина резания в меньшей степени влияет на стойкость инструмента, чем скорость резания и подача, поэтому при черновой обработке назначают максимальную глубину резания, обеспечивающую снятие большей части припуска за один ход инструмента. Далее выбирают подачу инструмента. Подача влияет на стойкость инструмента меньше, чем скорость резания, поэтому при черновой обработке назначают большую подачу, допускаемую прочностью станка,

режущего инструмента и обрабатываемой заготовки. При получистовой и чистовой обработке глубину резания и подачу инструмента выбирают в зависимости от требуемой точности обработки и шероховатости обрабатываемой поверхности. После этого определяют максимально возможную скорость резания путем расчета по соответствующим формулам или руководствуясь справочными нормативными данными и проверяют ее по мощности станка». [9]

«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». [9]

2.6.1 Определение режимов резания на операцию 015.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,5; S = 0,3$. [18]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [18]}$$

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

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [18]

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 100,6} = 569,8 \text{ мин}^{-1}. \quad (14)$$

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,6 \cdot 500}{1000} = 157,9 \text{ м/мин}. \quad (15)$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин}. \quad (16)$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{198}{150} = 1,32 \text{ мин}. \quad (17)$$

2.6.2 Определение режимов резания на операцию 025.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,8; S = 0,3$. [18]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин}. [18]$$

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

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [18]

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 32,6} = 1758,4 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32,6 \cdot 1600}{1000} = 163,8 \text{ м/мин}.$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{3}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,3; S = 0,2$. [18]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [18]}$$

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

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$. [18]

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 100} = 573,2 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 500}{1000} = 157,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{198}{150} = 1,32 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 1,32 = 1,33, \text{ мин.}$$

2.5.3 Определение режимов резания на операцию 030.

Примем глубину резания и подачу $t = 5; S_z = 0,025$. [18]

Найдем подачу на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z, \tag{18}$$

где $z = 2$ – число зубьев фрезы.

Тогда $S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05$, мм/об.

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} \quad (19)$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (20)$$

где $K_{MV} = 1,0$; $K_{UV} = 0,5$; $K_{LV} = 1,0$. [18]

Отсюда $K_V = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,5$.

Таким образом, учитывая условия обработки получим

$$D = 10; t = 5; S_0 = 0,05; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30. [18]$$

Окончательно имеем

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 0,5 = 36,3, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 36,3}{3,14 \cdot 10} = 1156, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1000}{1000} = 31,4, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 1000 = 50, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{px}}{S}, \quad (21)$$

где по условию обработки $n_{\text{отв}} = 1$; $L_{px} = 60$.

$$\text{Тогда } T_0 = \frac{1 \cdot 60}{50} = 1,20 \text{ мин.}$$

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

3 Проектирование станочного приспособления

«На современном этапе развития машиностроительной промышленности значительно возрастает роль технологической оснастки, являющейся неотъемлемой частью технологической системы. Благодаря станочной, контрольной, сборочной оснастке становится возможным осуществлять технологический процесс изготовления различных по наименованию, типоразмеру и исполнению изделий с заданным качеством и производительностью обработки. В то же время на ее проектирование и изготовление приходится до 80% затрат времени, используемого на подготовку производства изделий. Станочные приспособления являются основной (самой многочисленной) частью технологической оснастки, используемой для связи обрабатываемой заготовки с инструментом и станком. Благодаря применению станочных приспособлений выполняется условие, при котором ожидаемая погрешность обработки не превышает допуска на получаемый размер». [10]

«На машиностроительных предприятиях находятся в эксплуатации десятки миллионов приспособлений, причем ежегодно на их изготовление расходуется до 1 млн тонн металла. Например, при изготовлении и ремонте автомобиля требуется комплект приспособлений, состоящий более чем из 7500 наименований. Применение гибких производственных модулей (ГПМ), гибких производственных систем (ГПС), роботизированных технологических комплексов (РТК) и новых многоцелевых станков с ЧПУ невозможно без совершенствования зажимных приспособлений для заготовок и режущих инструментов. При частой смене объектов производства оборудование обычно не меняется, и лишь приспособления претерпевают значительные изменения». [10]

3.1 Анализ исходных данных.

На шпоночно-фрезерной операции 030 ведется обработка шпоночного паза. В этом разделе спроектируем приспособление для базирования заготовки на этой операции.

Режимы обработки были определены ранее:

$$t = 5; S_0 = 0,05; V = 62,8; n = 2000.$$

На рисунке 3 представлена схема операции 030.

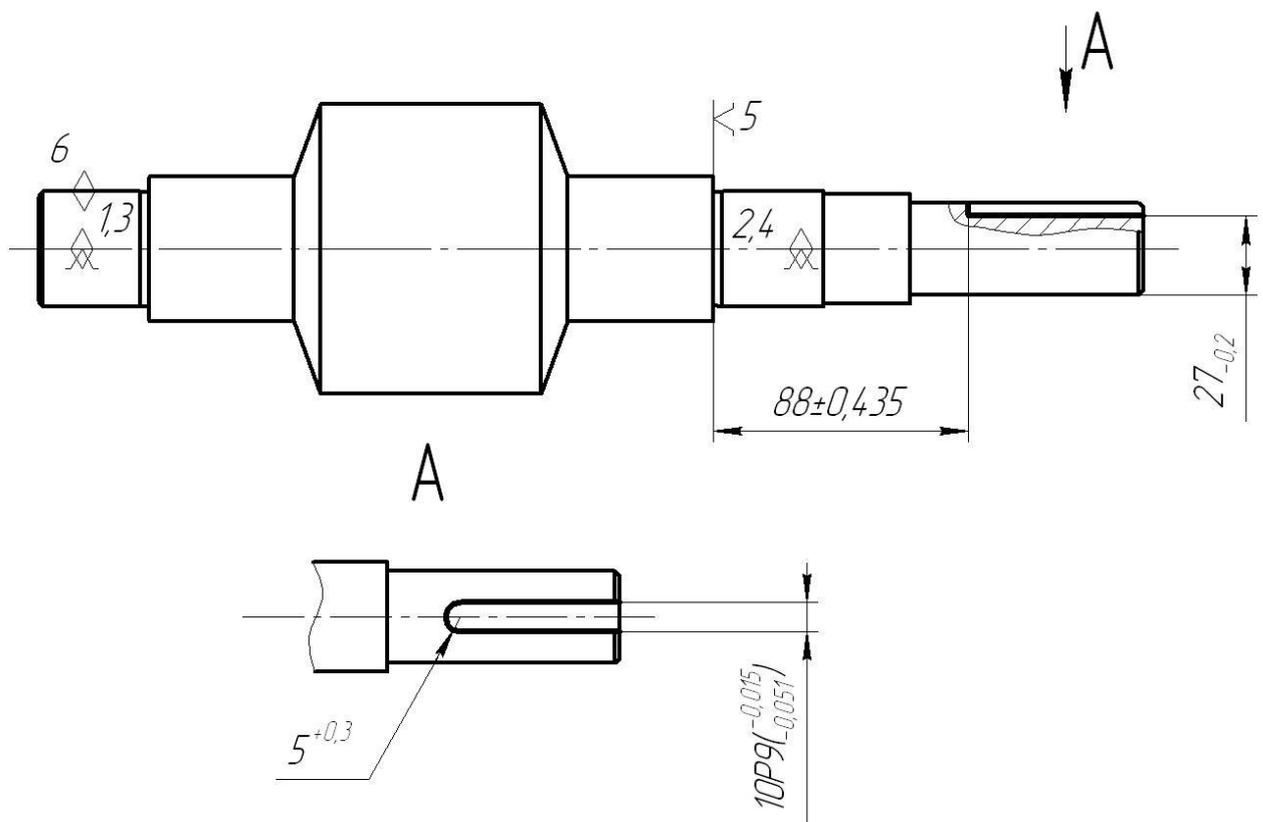


Рисунок 3 – Схема операции 030

3.2 Определение крутящего момента и сил резания.

Найдем составляющие силы резания P_x и P_y

$$P_{x,z} = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (22)$$

где для P_x : $C_p = 68; x = 0,86; y = 0,74; q_p = -0,86; [19]$

для P_z : $C_p = 68; x = 0,86; y = 0,74; q_p = -0,86$. [19]

Тогда

$$P_x = 68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 10^1 \cdot 10^{-0,86} = 40,8, \text{ Н.}$$

$$P_z = 68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 10^1 \cdot 10^{-0,86} = 40,8, \text{ Н.}$$

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (23)$$

$$P = \sqrt{40,8^2 + 40,8^2} = 51,7, \text{ Н.}$$

В зафиксированном в приспособлении состоянии заготовка находится в покое, поэтому

$$\Sigma x = 0; \Sigma M_x = 0$$

$$\Sigma y = 0; \Sigma M_y = 0. \quad (24)$$

$$\Sigma z = 0; \Sigma M_z = 0$$

Учитывая коэффициента надежности, определим силу закрепления заготовки:

$$P = \frac{K \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f} P. \quad (25)$$

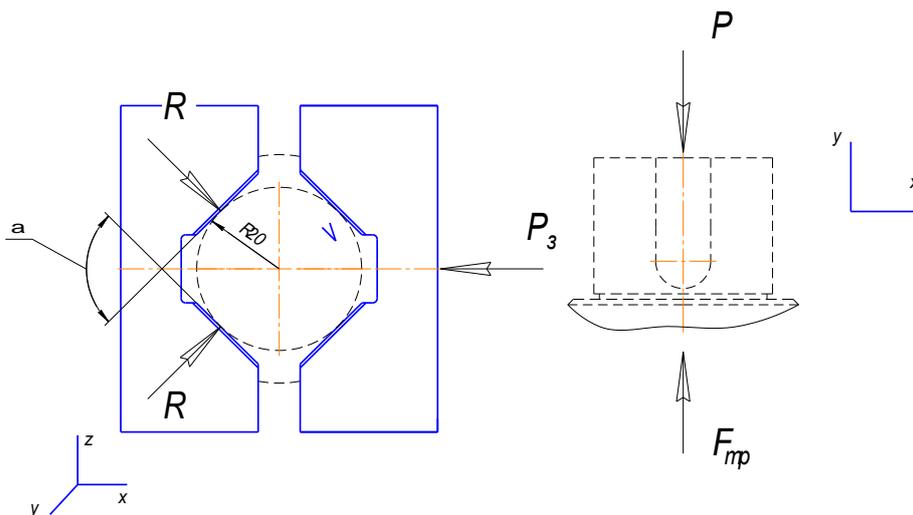


Рисунок 4 – Схема, действующих на заготовку, сил

Коэффициент надежности $K = 2,7$. [1]

Тогда рассчитаем необходимую силу:

$$P_3 = \frac{K \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f} P = \frac{2,7 \cdot \sin 45^\circ}{0,1} \cdot 51,7 = 987,1, \text{ Н.}$$

Определим коэффициент усиления

$$i = \frac{P_3}{P_u}. \quad (26)$$

Для приспособлений с пневмоприводом

$$P_u = \frac{\pi \cdot (D+d)^2}{16} \cdot p. \quad [19] \quad (27)$$

$$D = \sqrt{\frac{16P_u}{\pi p}} - d. \quad [19] \quad (28)$$

Подставляя найденные значения, получим

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 132}{3,14 \cdot 0,4}} - 20 = 189.$$

Примем $D = 250$ мм.

Определим усилие на штоке

$$P_u = \frac{3,14 \cdot (0,25 + 0,02)^2}{16} \cdot 0,4 = 580, \text{ Н.}$$

Максимальное зажимное усилие

$$P_3 = \frac{P_u L_1}{L_2}. \quad [19] \quad (29)$$

$$P_3 = \frac{580 \cdot 0,472}{0,054} = 5070, \text{ Н.}$$

Чертеж спроектированного приспособления представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

«Современный режущий инструмент – это неотъемлемая часть механической или автоматической системы, осуществляющей формообразование без участия физического труда человека или сводящего этот труд к минимуму. Как основная часть системы «станок-приспособление-инструмент-заготовка» режущий инструмент оказывает решающее воздействие на ее эффективность, на путь дальнейшего ее совершенствования. Например, появление новых инструментальных материалов всегда оказывало влияние на конструкции режущих инструментов и, соответственно, металлорежущих станков (более мощные приводы, повышенная жесткость и т.д.)». [16]

«Применительно к режущему инструменту работоспособность – это такое состояние, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными техническими требованиями. Основными критериями работоспособности режущего инструмента является износостойкость, оцениваемая непосредственно стойкостью, доверительным интервалом стойкости и коэффициентом вариации стойкости. Возможны в качестве оценочных параметров гарантийная стойкость (или вероятность безотказной работы) и интенсивность отказов режущего инструмента. Наряду со стойкостью показателем работоспособности инструмента может быть качество (шероховатость, точность) обработанных поверхностей. Кроме того, такими показателями являются температура, усилия и другие факторы, сопровождающие резание металлов. Также критериями работоспособности режущего инструмента может быть экономический параметр, в частности прибыль на операции механической обработки». [16]

4.1 Исходные данные.

На шпоночно-фрезерной операции 030 выполняется обработка шпоночного паза. В этом разделе спроектируем режущий инструмент для этой обработки..

Режимы обработки были определены ранее:

$$t = 5; S_0 = 0,05; V = 62,8; n = 2000.$$

Схема операции 030 представлена на рисунке 5.

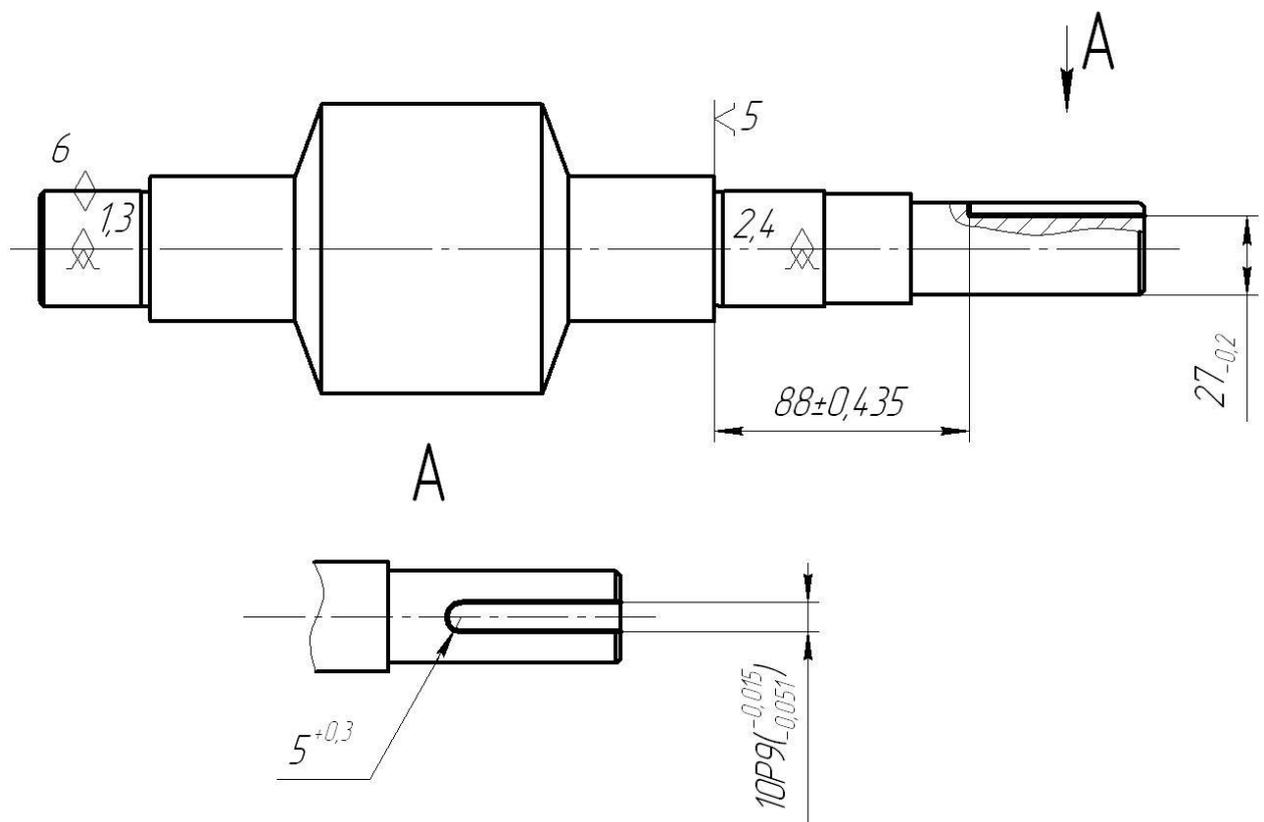


Рисунок 5 - Схема операции 030

4.2 Расчет конструктивных параметров фрезы.

«Шпоночные фрезы (рисунок 6) имеют два зуба с глубокими прямыми или наклонными ($\omega = 12...15^\circ$) стружечными канавками. Длина их рабочей части равна примерно $3d$, а для повышения жесткости увеличен

диаметр сердцевины до $0,35d$. Шпоночный паз фрезы обрабатывают за несколько проходов с маятниковой подачей. В конце каждого прохода производится врезание по глубине паза путем подачи вдоль оси фрезы. Для этого на торце фрезы затачиваются режущие кромки с углом поднутрения $\varphi_1 = 5^\circ$ в сторону хвостовика и с задним углом $\alpha_1 = 20^\circ$. При врезании режущие кромки на торце выполняют роль главных режущих кромок, а при дальнейшем фрезеровании с продольной подачей они являются вспомогательными. Для сохранения постоянного диаметра шпоночных фрез, который определяет ширину шпоночного паза, их переточка производится по задним поверхностям торцовых кромок». [16]

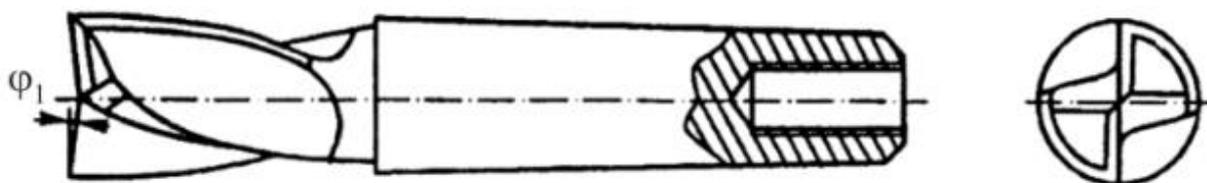


Рисунок 6 – Шпоночная фреза

Принимаем диаметр фрезы равный ширине шпоночного паза.

$$d = 10 \text{ мм.}$$

Найдем длину фрезы

$$L = l_1 + l_2 + l, \quad (30)$$

где l – шейка;

l_1 – режущая часть;

l_2 – хвостовик.

Фрезы диаметра от 10 до 30 мм выполняют с длиной режущей части

$$l_1 = 2d.$$

$$l_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мм.}$$

Длина шейки определяется зависимостью

$$l = 4\left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d}\right), \quad (31)$$

$$l = 4 \times \left(\sqrt[4]{10} + \frac{12}{10}\right) = 11,9 \text{ мм.}$$

Примем $l = 12$ мм.

Диаметр шейки принимаем равным диаметру режущей части

$$d_{III} = d = 10 \text{ мм.}$$

Тогда общая длина

$$L = 20 + 12 + 30 = 62, \text{ мм.}$$

У шпоночной фрезы число зубьев принимают $z = 2$.

Определим радиус спинки зуба

$$R = (0,3 \dots 0,45) \cdot d. \quad (32)$$

Тогда

$$R = 0,4 \cdot 10 = 4, \text{ мм.}$$

«Главные режущие кромки концевых фрез чаще всего делают наклонными или винтовыми с углом наклона $\omega = 10 \dots 15^\circ$. Углы наклона обеспечивают положительные передние углы на торцовых режущих кромках, лучший отвод стружки из зоны резания и более равномерную работу фрезы». [16]

Эти рекомендации отразим в конструкции фрезы.

Чертеж фрезы представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Описание технического объекта.

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

Участок содержит один центrovально-подрезной станок 2А911-1, четыре токарных станка с ЧПУ СА500СФ3К, один шпоночно-фрезерный станок 692Д, один резьбофрезерный станок КУ-240, один центрошлифовальный станок 3922, два торцевкруглошлифовальных станка с ЧПУ ХШ4-104Ф20, два круглошлифовальных станка с ЧПУ 3М153Ф2, один резьбошлифовальный станок 5887 и два шлифовально-полировальных станка 6ШП-100М.

Перечисленное оборудование осуществляет механическую обработку производимой на участке детали.

5.2 Описание предлагаемой модернизации техпроцесса.

В работе предлагается заменить станочное приспособление на шпоночно-фрезерной операции 030 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.

5.3 Описание предлагаемых мероприятий по безопасности и экологичности.

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 фрезерования шпоночного паза. 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 прижима 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 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». [14]

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) [7], эти уменьшаются риски воздействия высоких температур на рабочих-операторов станков. Попадание СОЖ на кожу операторов станков исключается применением в конструкции станков защитных экранов.

Стружка при фрезерной обработке не может быть сливной, поэтому делить ее нет необходимости.

Воздействие электрического тока и статического электричества практически исключается применением резиновых коврик [5] на рабочем месте операторов станков. При этом также необходимо выполнить заземление от станин станков.

5.4 Заключение по разделу.

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

6 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на операции 030 (шпоночно-фрезерная) зажимное приспособление. Это изменение привело к сокращению трудоемкости выполнения этой операции, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, предстоит подтвердить эффективность еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры: машинное и штучное время, модель оборудования до и после совершенствования технологического процесса, наименование инструмента и оснастки, также до и после совершенствования, применяемые на операции 030, 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 15.03.03 «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 будут представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 7 показаны величины слагаемых капитальных вложений, сумма которых для внедрения предложенных изменений составит 251076,58 руб.

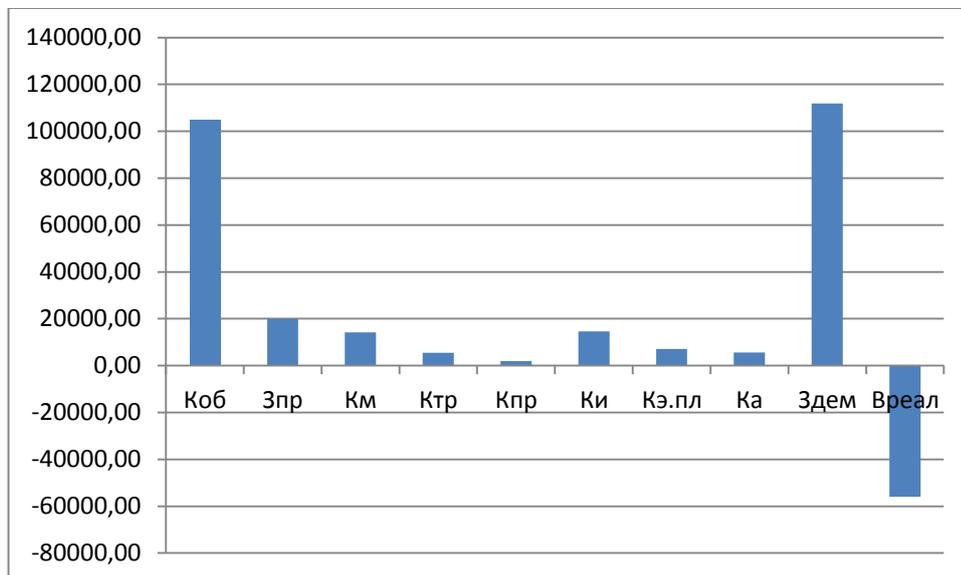


Рисунок 7 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя представленные на рисунке 7 данные, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются:

– затраты на демонтаж заменяемого оборудования ($Z_{ДЕМ}$), с величиной 49,43 % от всей величины капитальных вложений;

– прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$), величина которых составляет 47,99 % от общей суммы капитальных вложений.

Все остальные значения не превышают даже 10 %, и находятся в интервале от 0,69 % до 6,58 %. Но не смотря на их относительную не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так они отображают значения затрат, таких приобретений как инструмент ($K_{И}$), эксплуатацию производственной площади ($K_{Э.ПЛ}$), транспортные средства ($K_{ТР}$), доставку и монтаж вновь вводимого оборудования ($K_{М}$), затраты на проектирование ($Z_{ПР}$) и другие показатели, относящиеся к эксплуатации оборудования с числовым программным управлением.

На рисунке 8 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «червяк редуктора», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. Правда значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеоговоренного параметра, т. к. в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не метался, поэтому остается без изменения.

Анализируя диаграмму на рисунке 8, видно, что две величины имеют примерные равные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 46,65 % для базового варианта и 42,74 % 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 29,47 % для базового варианта и 38,94 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости.

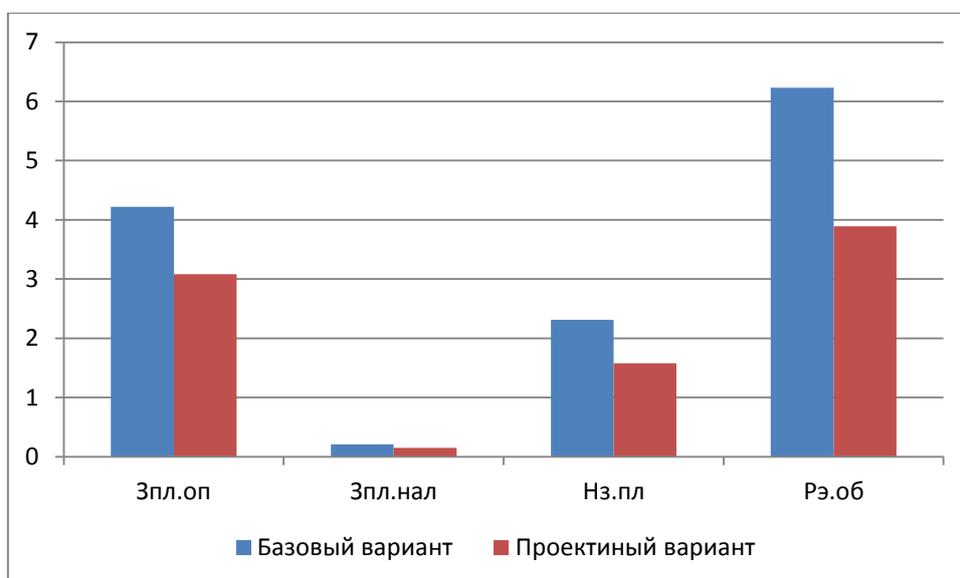


Рисунок 8 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «червяк редуктора», по вариантам, руб.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «червяк редуктора» по операции 030 технологического процесса, представлены на рисунке 9.

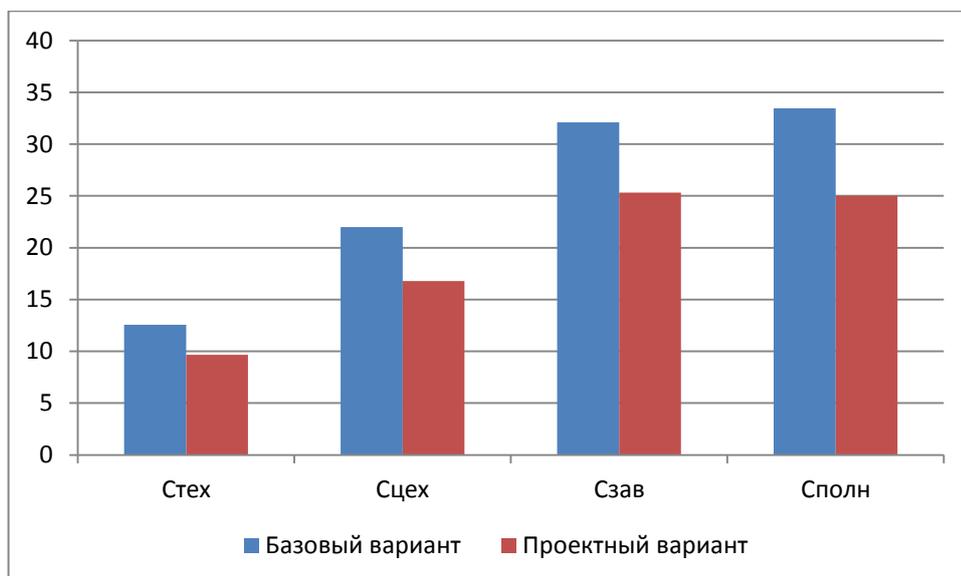


Рисунок 9 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 9, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 32,80 рубля, а для проектируемого варианта всего лишь 24,44 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 219817,16 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является максимально допустимым для внедрения нового оборудования по совершенствованному технологическому процессу. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 29362,14 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,23 рублей.

Заключение

В результате выполнения работы нами была поставлена цель: разработать технологический процесс изготовления червяка редуктора заданного качества с минимальной себестоимостью.

В первом разделе выполнен анализ назначения детали «червяк», выполнен анализ назначения каждой из поверхностей, рассмотрен вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается червяк, 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 червяка, выполнен расчет припусков на одну из поверхностей, рассчитаны режимы резания на проектируемые технологические операции, подвергающиеся модернизации.

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

В четвертом разделе работы для обработки шпоночного паза разработана конструкция режущего инструмента – шпоночной 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. Блюмштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюмштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с.
2. 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. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.
3. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 8 с.
4. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
5. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски, кузнечные напуски. – 36 с.
7. ГОСТ Р 50558-93. Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Общие технические требования. – 12 с.
8. Киселев, Б.Р. Триботехника. Повышение эффективности работы червячной передачи : Монография. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 204 с.
9. 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.
10. Клепиков, В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В.Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 319 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. Леонов, О.А. Взаимозаменяемость : учебник / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 208 с.

14. 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.

15. Мельников, А.С. Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 420 с.

16. Овсеенко, А.Н. Формообразование и режущие инструменты : учеб. пособие / А.Н. Овсеенко, Д.Н. Клауч, С.В. Кирсанов, Ю.В. Максимов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 416 с.

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

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

