

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 грузоподъемной машины

Обучающийся

К.А. Ракусова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

Кривова М.А.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.э.н., доцент Смышляева Е.Г.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Автор: Ракусова Карина Анатольевна.

Тема: Технологический процесс изготовления червяка грузоподъемной машины.

В работе спроектирован современный технологический процесс изготовления червяка грузоподъемной машины.

В первом разделе работы описаны назначение и область применения грузоподъемной машины, а также функции, которые выполняет в нем червяк. В этом разделе также рассмотрен вопрос о верном назначении материала детали. Это важно в связи с необходимостью рационального использования дорогостоящих конструкционных материалов.

В технологическом разделе выбран тип производства. Он выбирается в данном случае исходя из программы выпуска и массы детали. Далее рассчитан метод получения исходной заготовки. На самую точную поверхность детали выполнен расчет припусков расчетно-аналитическим методом. На модернизируемые в работе технологические операции выполнен расчет режимов обработки.

Для закрепления заготовки червяка грузоподъемной машины на шпоночно-фрезерной операции 030 разработана конструкция специального приспособления с призмами. Зажим заготовки происходит при помощи механизированного привода. При этом облегчается работа станочника и уменьшается операционное время, затрачиваемое на загрузку и выгрузку заготовки на станке, что дало экономический эффект.

Для этой же шпоночно-фрезерной операции 030 разработана конструкция шпоночной фрезы из быстрорежущей стали Р6М5. На режущую часть фрезы наносится износостойкое покрытие, что повышает стойкость фрезы.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	7
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	12
2.1 Определение типа производства.....	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	13
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.4 Выбор методов обработки	15
2.5 Расчет припусков.....	19
2.6 Расчет режимов резания.....	23
3 Проектирование приспособления.....	28
3.1 Исходные данные.....	29
3.2 Силовой расчет.....	30
4 Проектирование режущего инструмента.....	34
4.1 Исходные данные.....	35
4.2 Проектирование фрезы	35
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	38
5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	38
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	39
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	40
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	42
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического	

объекта.....	43
6 Экономическая эффективность работы.....	45
Заключение.....	49
Список используемой литературы.....	50
Приложение А. Маршрутные карты.....	53

Введение

В машиностроении важную роль играют вспомогательные машины, которые применяют для вспомогательных (неосновных) производств. Эти машины выполняют функции перемещения, распределения, подъема различных технологических средств, заготовок, обработанных деталей, вспомогательных средств.

Большой группой таких машин являются грузоподъемные машины. Они необходимы для подъема различных грузов, например, в складских помещениях машиностроительных производств, для перемещения тяжелых средств технологического оснащения, например станков или тяжелых приспособлений в производствах тяжелого машиностроения.

Грузоподъемные машины имеют различную конструкцию. К ним относятся подъемные краны, штабелеры, автопогрузчики, подъемники, домкраты, механические лифты и так далее.

В грузоподъемных машинах имеются приводы, функционалом которых является приведение в движение исполнительного органа или органов для выполнения своих специальных функций. Например, приведение в движение крюка, за который зацепляется груз. Составными частями приводов являются шестерни, червяки, электродвигатели, тросы, шкивы, валы и так далее.

Червяк привода грузоподъемной машины воспринимает вращательное движение посредством боковых плоскостей шпоночного паза и передает это движение посредством захода, который сопрягается с червячным зубчатым колесом. Червяк является ведущим звеном данной кинематической передачи. От качества изготовления червяка зависит работоспособность всей червячной передачи.

Целью данной работы является проектирование техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины заданного качества с необходимым количеством, согласно годовой программе выпуска.

1 Анализ исходных данных

«Грузоподъемные установки, машины и механизмы предназначены для перемещения грузов и людей в вертикальной и горизонтальной плоскостях на относительно небольшие расстояния. Они относятся к устройствам циклического действия, работающим в повторно-кратковременном режиме». [22]

«При проектировании, изготовлении и эксплуатации грузоподъемных установок особое внимание обращают на повышение их надежности и долговечности и на соблюдение требований техники безопасности, регламентированными Правилами устройства и безопасной эксплуатации подъемных кранов, утвержденными Ростехнадзором». [22]

«В зависимости от конструкции и конфигурации обслуживаемой зоны они классифицируются на подъемные механизмы (домкраты, лебедки, тали), краны, подъемники и роботы (рисунок 1)». [22]

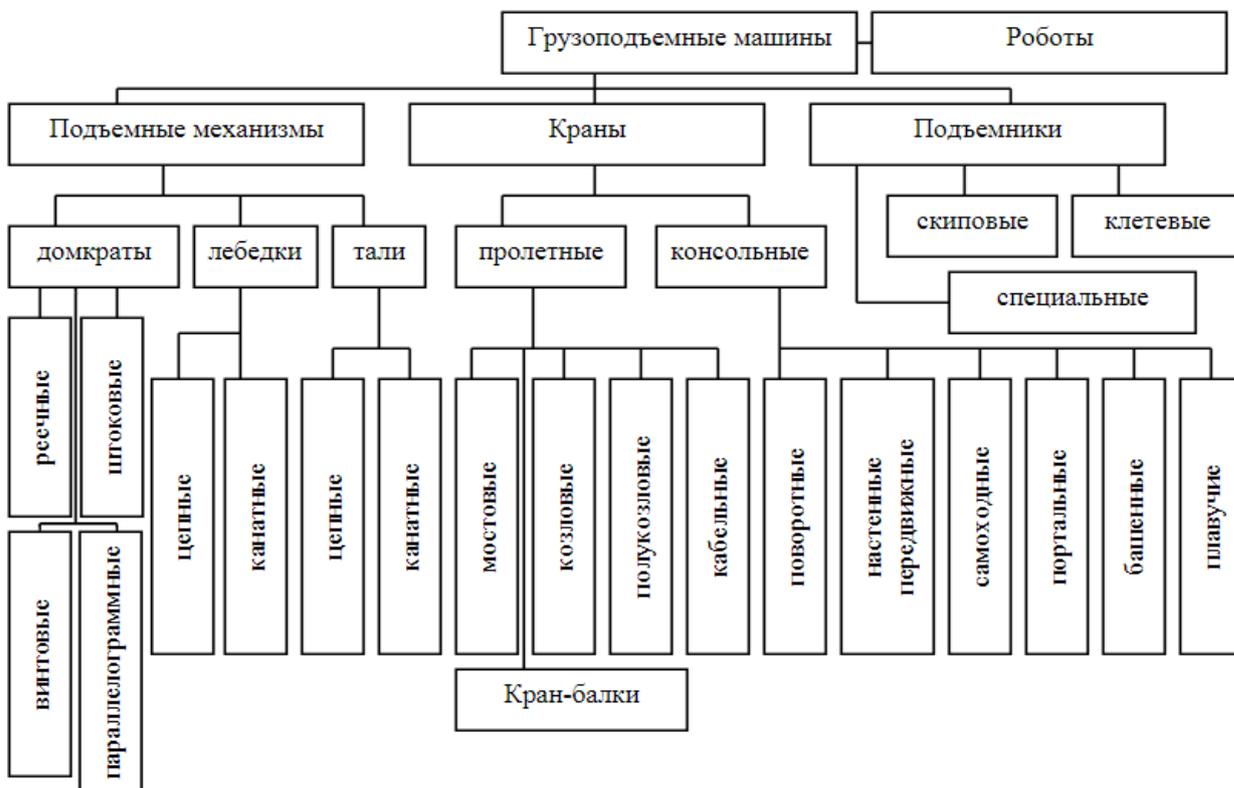


Рисунок 1 – Классификация грузоподъемных машин

«Домкраты – простейшие грузоподъемные механизмы в виде толкателей (винтовых, рычажно-реечных, зубчато-реечных, параллелограммных или поршневых), поднимающих грузы при ремонтных и монтажных работах на небольшую высоту (до 0,8 – 1,0 м), действуя на них снизу». [22]

«Лебедки – простые грузоподъемные машины в виде приводного ворота (барабана) с тяговым органом – стальным канатом (цепью). Основное назначение лебедок – подъем, опускание и подтягивание грузов». [22]

«Краны – наиболее сложные и универсальные грузоподъемные установки, включающие в себя остов в виде металлической конструкции и несколько установленных на нем крановых механизмов». [22]

«Краны применяются для перемещения штучных или сыпучих грузов по пространственной трассе и изготавливаются в виде консольных или пролетных конструкций. У консольных (обычно стреловых) кранов груз подвешивается к стреле, укрепленной на поворотной части, а у пролетных кранов груз подвешивается к движущейся вдоль пролетного строения тележке». [22]

«Типовые крановые механизмы:

- механизм подъема в виде лебедки в комбинации с полиспастом;
- механизм передвижения (крана или какой-либо части);
- механизм изменения вылета (на стреловых кранах);
- механизм вращения поворотной части крана». [22]

«Подъемники – применяются для вертикального подъема грузов или людей в кабинах или на площадках, перемещающихся по направляющим». [22]

1.1 Назначение и условия работы детали

Червяк привода грузоподъемной машины воспринимает вращательное движение посредством боковых плоскостей шпоночного паза и передает это

движение посредством захода, который сопрягается с червячным зубчатым колесом. Червяк является ведущим звеном данной кинематической передачи. От качества изготовления червяка зависит работоспособность всей червячной передачи.

1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей червяка грузоподъемной машины пронумеруем каждую из его поверхностей и представим это на рисунке 2.

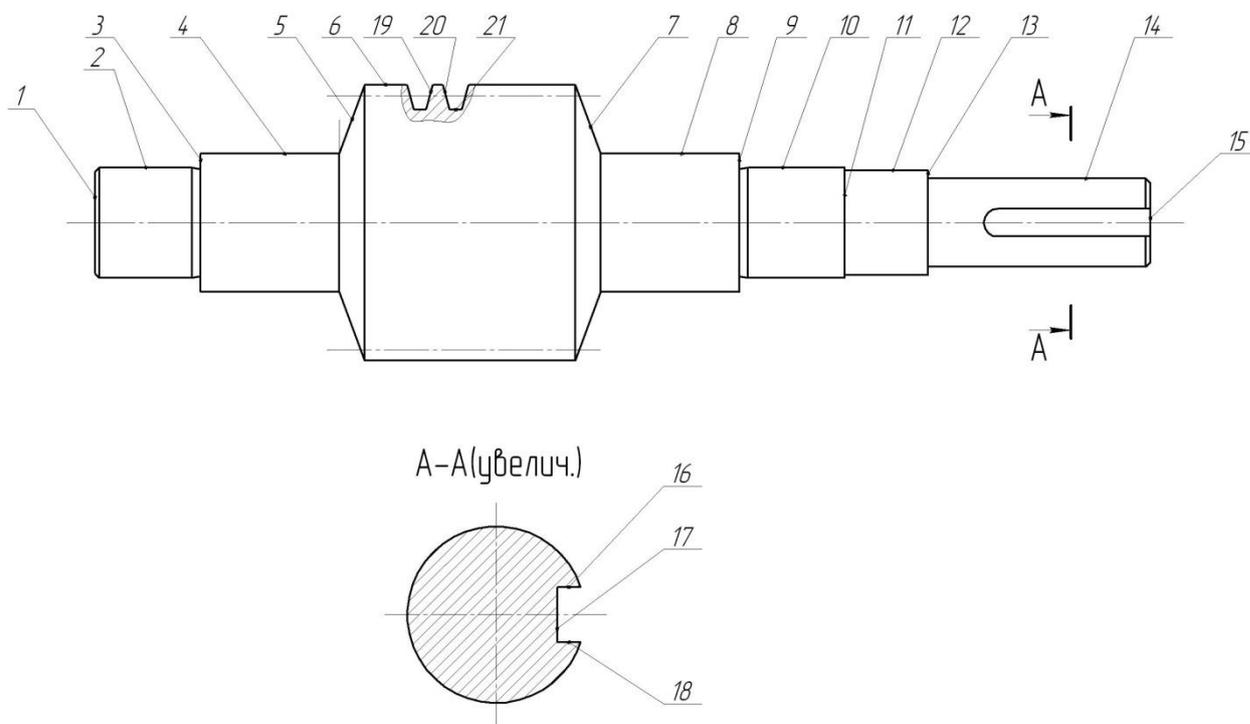


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями червяка грузоподъемной машины являются боковые поверхности винтовой спирали (захода) 19, 21, боковые стороны шпоночного паза 16, 18.

Основными конструкторскими базами червяка грузоподъемной машины являются цилиндрические поверхности 2, 10 и торцовая плоская поверхность 9.

Вспомогательной конструкторской базой червяка грузоподъемной машины является торцовая поверхность 3.

Оставшиеся поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом червяка грузоподъемной машины является сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [6], которая содержит около 0,40% углерода (С) и около 1% хрома (Cr). Остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

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

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

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

«Сталь подразделяют:

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

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

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

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

поверхности и макроструктуре металлопродукции из нее по сравнению с качественной и высококачественной сталью)». [6]

«Наименование марок стали состоит из цифр и буквенного обозначения химических элементов. Цифры перед буквенным обозначением указывают среднюю массовую долю углерода (С) в стали в сотых долях процента». [6]

«Химические элементы обозначены следующими буквами:

В – вольфрам (W);

Г – марганец (Mn);

М – молибден (Mo);

Н – никель (Ni);

Р – бор (B);

С – кремний (Si);

Т – титан (Ti);

Ф – ванадий (V);

Х – хром (Cr);

Ю – алюминий (Al)». [6]

«Цифры, стоящие после букв, указывают примерную массовую долю легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в стали содержится до 1,5% этого легирующего элемента». [6]

«Металлопродукцию подразделяют:

- по способу производства на: горячекатанную, кованную, калиброванную, со специальной отделкой поверхности;
- по форме сечения: круглого (круг), квадратного (квадрат), шестигранного (шестигранник), прямоугольного (полоса);
- по виду поставки: в прутках, в мотках, в полосах;
- по состоянию поставки: без термической обработки, термически обработанную, нагартованную;

- по видам термической обработки: отожденную, высокоотпущенную, нормализованную, нормализованную с высоким отпуском, закаленную с отпуском». [6]

«Червяк представляет собой винт с резьбой трапецеидального или близкого к нему профиля с малым числом заходов $z_1 = 1..4$. Под числом заходов понимают число винтовых поверхностей, исходящих из поперечного по отношению к оси червяка сечения. Если при нарезании червяка из его торцевой поверхности берут начало несколько винтовых линий, то такой червяк называется многозаходным». [14]

Так как у нашего червяка грузоподъемной машины количество заходов $z_1 = 2$, то наш червяк является двухзаходным.

Шестерня у червячной передачи представляет собой косозубую шестерню, у которой профиль зуба как бы огибает витки червяка. Контакт поверхностей червяка и шестерни является линейным. Это придает хорошую грузоподъемность червячной передаче.

Анализируя чертеж червяка грузоподъемной машины, мы видим, что все поверхности довольно доступны для подхода режущего инструмента и контрольного инструмента, имеются канавки между поверхностями 2 и 3, 9 и 10 для выхода режущего инструмента при их обработке. Конструкция не является особенно сложной, поэтому делаем вывод о достаточной технологичности конструкции червяка грузоподъемной машины.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В общем случае технологический процесс – это часть производственного процесса, включающая в себя последовательное изменение размеров, формы, внешнего вида или внутренних свойств предмета производства и их контроль. Технологический процесс механической обработки предусматривает последовательное изменение состояния исходной заготовки: ее геометрических форм, размеров и качества поверхностей до получения готовой детали (изделия), соответствующей предъявляемым к ней требованиям». [28]

«Тип производства – классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий. В зависимости от сочетания указанных признаков (показателей) современные производства подразделяют на следующие типы: массовое, серийное и единичное». [28]

«Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени». [28]

«Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых и ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска». [28]

«В зависимости от количества изделий в серии или партии, их массы и размеров различают крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производство». [28]

«Единичное производство характеризуется широтой номенклатуры изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом выпуска изделий». [28]

Для нашего случая для проектирования техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины при определении типа машиностроительного производства будем ориентироваться на два основных показателя, это годовая программа выпуска $N = 5000$ деталей в год, а также масса детали $m = 7,55$ кг. По этим показателя принимаем среднесерийное производство.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Поточный процесс (производство) характеризуется расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и определенным интервалом (тактом) выпуска изделий. Этот процесс организуют в основном на поточной линии, где на каждом рабочем месте выполняют одну технологическую операцию, а оборудование располагают по ходу технологического процесса». [20]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, точности и качества поверхностей, физико-механических свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу. Выбрать заготовку – это значит установить рациональную форму и размеры, способ получения, допуски на изготовление, припуски на обрабатываемые поверхности, а также дополнительные технические требования и условия». [13]

«Заготовку выбирают исходя из минимальной себестоимости готовой детали для заданного годового выпуска». [13]

«Чем больше форма и размеры заготовки приближаются к форме и размерам готовой детали, тем дороже она в изготовлении, но тем проще ее последующая механическая обработка и меньше расход материала. Задача

решается минимизацией суммарных затрат средств на изготовление заготовки и ее последующую обработку. В поточно-массовом и серийном производстве стремятся приблизить конфигурацию заготовки к готовой детали, повысить точность размеров и качество поверхностей. При этом резко сокращается объем механической обработки, а коэффициент использования металла достигает величины 0,7-0,8 и более». [13]

В нашем случае рациональнее всего заготовку для изготовления червяка грузоподъемной машины можно получить двумя способами, а именно штамповкой или прокатом. При этом достигается необходимая форма. При штамповке [8] масса заготовки будет $m = 10,5$ кг, а при прокате [5] $m = 26,1$ кг. Далее выполним технико-экономический расчет этих двух вариантов.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

где $Q_{ум} = 10,5; q = 7,55; C_{отх} = 0,0144$ ». [17]

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

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

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

где $Q_{пр} = 26,1; q = 7,55; C_{отх} = 0,0144$ ». [17]

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

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

«Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_{з}} \text{». [17]} \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{2,6}{4,1} = 0,63.$$

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

Чертеж заготовки для изготовления червяка грузоподъемной машины представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки

«Чем точнее поверхность, тем более точный метод следует применять для ее обработки. Например, для обработки отверстия по 12 качеству точности достаточно применить сверление или черновое растачивание, для

обработки отверстия по 7 качеству точности следует применять развертывание или тонкое растачивание». [26]

«В машиностроительной практике для достижения требуемой точности в настоящее время используется многостадийная обработка, то есть разделение обработки конкретной поверхности на черновую, чистовую, отделочную. При этом погрешности заготовки прогрессивно уменьшаются от одного технологического перехода к другому. Непосредственный переход от заготовки к детали возможен при применении точных заготовок и использовании современных технологических систем, обладающих высокой жесткостью и точностью». [26]

Поверхность 1 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центrovально-подрезная обработка.

Поверхность 2 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,4; точность поверхности IT 6. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование, полирование.

Поверхность 3 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 4 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 5 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности коническая

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

Поверхность 6 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 9. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 7 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности коническая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 8 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 14. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 9 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,8; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Поверхность 10 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,4; точность поверхности IT 6. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование, полирование.

Поверхность 11 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 12 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 11. Форма поверхности цилиндрическая

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

Поверхность 13 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение.

Поверхность 14 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 1,6; точность поверхности IT 8. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: черновое и чистовое точение, шлифование.

Поверхность 15 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 14. Форма поверхности плоская торцовая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Поверхность 16 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 9. Форма поверхности плоская внутренняя. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 17 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 12. Форма поверхности плоская внутренняя. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 18 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 3,2; точность поверхности IT 9. Форма поверхности плоская внутренняя. Для выполнения этих параметров необходима следующая

последовательность механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 19 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,8; точность поверхности IT 7. Форма поверхности винтовая внутренняя. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: резьбофрезерная и резьбошлифовальная обработки.

Поверхность 20 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 12,5; точность поверхности IT 12. Форма поверхности цилиндрическая наружная. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: резьбофрезерная обработка.

Поверхность 21 имеет следующие параметры качества: шероховатость Ra 0,8; точность поверхности IT 7. Форма поверхности винтовая внутренняя. Для выполнения этих параметров необходима следующая последовательность механической обработки: резьбофрезерная и резьбошлифовальная обработки.

2.5 Определение припусков

«В целях ликвидации или уменьшения погрешностей и обеспечения тех требований к детали, которые были обусловлены конструктором, обработку некоторых элементарных поверхностей детали иногда приходится производить в несколько переходов или операций, предусматривая для каждого перехода (или операции) соответствующий припуск». [29]

«Припуск – слой материала, который необходимо удалить с поверхности в целях обеспечения заданных свойств обработанной поверхности. Примечание: к свойствам обрабатываемого предмета труда или его поверхности относятся размеры, формы, твердость, шероховатость и так далее». [29]

«Установление оптимальных припусков на обработку имеет существенное технико-экономическое значение при разработке технологических процессов изготовления деталей машин. Преувеличенные припуски вызывают перерасход материала при изготовлении деталей и необходимость введения дополнительных переходов, увеличивают трудоемкость и соответственно себестоимость изготовления деталей. Уменьшенные припуски не обеспечивают удаление дефектных слоев и получение требуемой точности и шероховатости поверхности. В результате недостаточных припусков возрастает брак, что повышает себестоимость изделия». [29]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 10 с параметрами качества $\varnothing 40k6^{(+0,018}_{+0,002)}$ мм, $L = 34$ мм, $Ra = 0,4$ мкм.

«Суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \text{ ». [25] } \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

$$\Delta_{54} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004 .$$

«Максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \gg. [25] \quad (8)$$

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

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

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

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

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,025 + 0,5(2,5 + 0,25) = 2,400.$$

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

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

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

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

«Значения размеров на каждом переходе (мм)» [25]

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \text{». [25]} \quad (9)$$

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

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

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

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(40,478 + 40,578) = 40,528 .$$

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

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

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

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max} \text{». [25]} \quad (10)$$

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

$$\text{« } 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5 \text{». [25]} \quad (11)$$

$$2Z_{\max} = 3,415 + 2,500 + 0,016 = 5,931 .$$

$$\text{« } 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \text{». [25]} \quad (12)$$

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

В результате расчета припусков мы определили припуски при обработке поверхности 10 техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины, что будем использовать при проектировании операций и расчете режимов обработки этой поверхности. Остальные припуски определим табличным способом.

2.6 Расчет режимов резания

«При назначении элементов режимов резания обычно учитывают: характер обработки, требования к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, тип и состояние оборудования, материал и состояние заготовки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части и так далее. Элементы режимов резания принято назначать в следующей последовательности». [28]

«Первоначально устанавливают глубину резания t . При однократной или черновой (предварительной) обработке величину t принимают по возможности максимальной, равной всему припуску на обработку или большей его части. Это приводит к сокращению числа рабочих ходов. При чистовой и окончательной обработке величина t назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности». [28]

«Далее назначают подачу S . При черновой обработке S выбирают максимально возможной исходя из прочности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, прочности режущего инструмента и других ограничивающих факторов. При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности. Нужные значения S чаще принимают по справочным таблицам. Табличные значения подач

сопоставляют с имеющимися на станке. Окончательно назначают ближайшую меньшую величину S ». [28]

«Последней по эмпирическим формулам, выведенным для каждого вида обработки, рассчитывают скорость резания V ». [28]

2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 025.

Переход 1.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,8$. [24]

Подача $S = 0,3$. [24]

«Скорость резания

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

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

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

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ ». [24] \quad (14)}$$

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

$$n = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ ». [24] \quad (15)}$$

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

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \text{ ». [24] (16)}$$

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

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \text{ ». [24] (17)}$$

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

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3$. [24]

Подача $S = 0,2$. [24]

Скорость резания

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

Частота

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

$$n = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая 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

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

2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 030.

Глубина резания $t = 5,0$ мм. [24]

Подача $S_z = 0,025$ мм/зуб. [24]

«Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (18)$$

где z – количество зубьев фрезы». [24]

$$z = 2.$$

$$S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

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

где D – диаметр фрезы;

C_v – постоянный коэффициент, учитывающийся при сверлении;

q, m, x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

$$\ll K_v = K_{MV} \cdot K_{UV} \cdot K_{LV}, \quad (20)$$

где K_{MV} – коэффициент на качество обрабатываемого материала;

K_{UV} – коэффициент на инструментальный материал;

K_{LV} – коэффициент, учитывающий глубину отверстия». [24]

$$K_{MV} = 1; K_{UV} = 0,5; K_{LV} = 1. \quad [24]$$

Примем

$$K_v = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 10; C_v = 7; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30. [24]$$

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

Частота вращения

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

$$n = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

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

Минутная подача

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

«Основное время

$$T_0 = \frac{n_{омс} \cdot L_{рх}}{S}, \quad (21)$$

где $n_{омс}$ – количество отверстий». [24]

$$n_{омс} = 1; L_{рх} = 60 \text{ мм.}$$

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

Рассчитанные режимы резания на токарную и шпоночно-фрезерную операции технологического процесса изготовления червяка грузоподъемной машины используем для проектирования технологических наладок, представленных в графической части работы, а также для заполнения технологической документации, представленной в приложении А.

3 Проектирование приспособления

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

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

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

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

3.1 Исходные данные

В техпроцессе изготовления червяка грузоподъемной машины на 030 шпоночно-фрезерной операции происходит фрезерование шпоночного паза шириной 10 мм. Ось заготовки должна быть расположена горизонтально, как показано на рисунке 3.

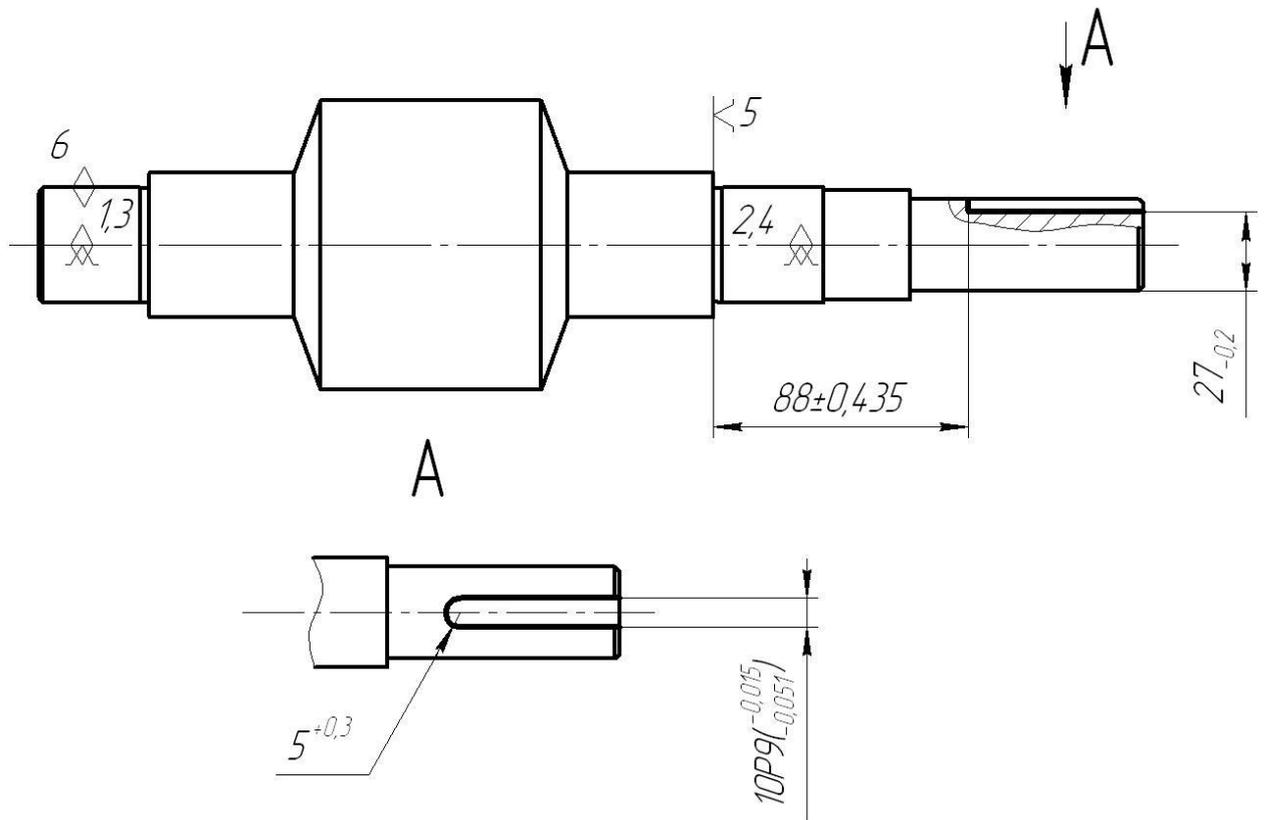


Рисунок 3 - Схема операции 030

Задача станочного приспособления, которое нам необходимо спроектировать – ориентирование заготовки, как показано на рисунке 3, стабильная фиксация этой заготовки, на которую в процессе обработки будут действовать силы резания, а также механизация приспособления с целью снижения вспомогательного времени операции и уменьшению рисков, связанных с безопасностью труда станочника.

3.2 Силовой расчет

«При механической обработке резанием на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы второстепенного и случайного характера. Эти силы могут привести к смещению заготовки в приспособлении в процессе обработки. Поэтому при разработке конструкции приспособления особое внимание уделяется расчету требуемой силы закрепления. В процессе обработки под действием всех сил резания, а также сил и моментов от сил закрепления заготовка не должна сдвигаться из заданного положения, то есть должно быть обеспечено надежное закрепление в течение всего времени обработки». [23]

Определим силы резания при фрезеровании шпоночного паза. Эскиз фрезерования представлен на рисунке 4.

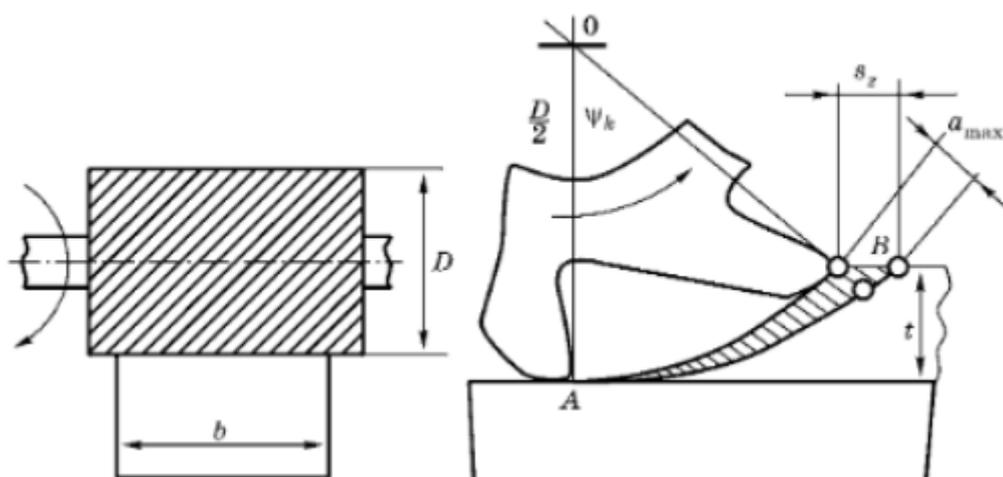


Рисунок 4 - Эскиз фрезерования

Окружная сила P_x равна

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

где t –припуск;

C_p – постоянная величина;

S_0 – подача;

B – ширина фрезерования;

D – диаметр фрезы;

x, y, q – постоянные коэффициенты. [27]

$$t = 5; C_p = 68; S_0 = 0,05; B = 10; D = 10; x = 0,86; y = 0,74; q = -0,86. [27]$$

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

Аналогично определим P_z

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

$$t = 5; C_p = 68; S_0 = 0,05; B = 10; D = 10; x = 0,86; y = 0,74; q = -0,86. [27]$$

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

Просуммируем силы резания

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (24)$$

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

Коэффициент трения $f = 0,1$. [27]

«Расчетную схему для определения необходимого усилия зажима следует составлять для наиболее неблагоприятной ситуации». [27]

Расчетная схема представлена на рисунке 5.

«По расчетной схеме необходимо установить направления возможного перемещения или поворота заготовки под действием сил и моментов резания, определить величину проекций всех сил на направление перемещения и составить уравнения сил и моментов». [27]

$$\begin{aligned} \Sigma x &= 0; \Sigma M_x = 0 \\ \Sigma y &= 0; \Sigma M_y = 0 \\ \Sigma z &= 0; \Sigma M_z = 0 \end{aligned} \quad (25)$$

«Сила закрепления заготовки равна

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

где K – коэффициент надежности». [27]

$$K = 2,7. [27]$$

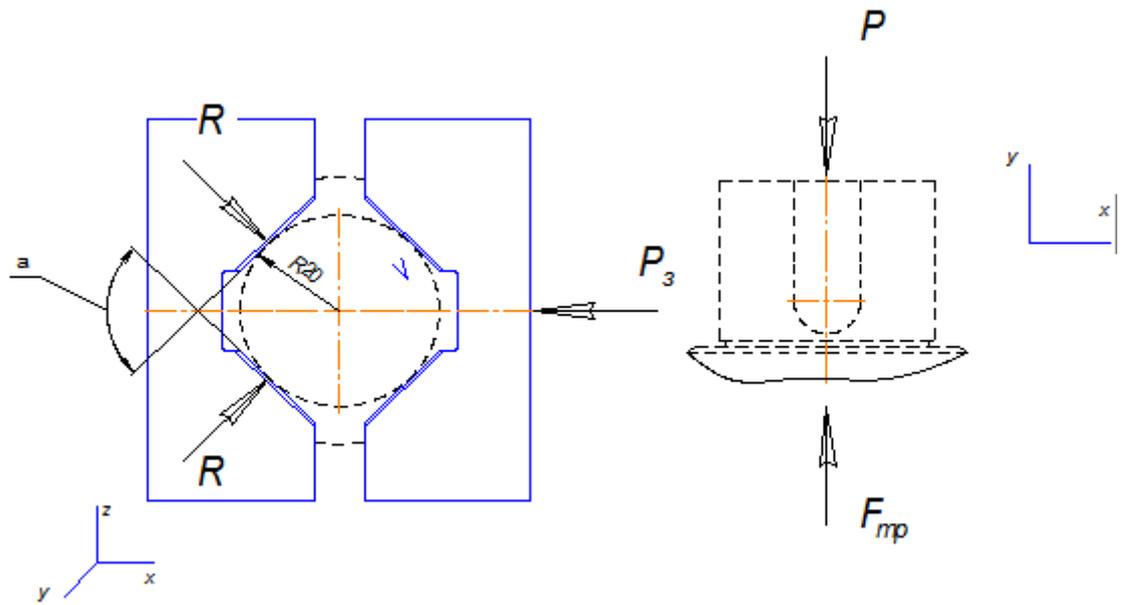


Рисунок 5 – Расчетная схема сил

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

Рассчитаем коэффициент усиления

$$i = \frac{P_3}{P_u} \quad (27)$$

$$P_u = \frac{\pi \cdot (D+d)^2}{16} \cdot p \quad (28)$$

$$\ll D = \sqrt{\frac{16P_u}{\pi p}} - d, \quad (29)$$

где D – рабочий диаметр мембраны;

d – диаметр штока;

p – рабочее давление в пневмосистеме». [27]

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

$D = 250$ из стандартного ряда. [27]

Усилие на штоке

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

Наибольшее зажимное усилие

$$P_3 = \frac{P_u \cdot L_1}{L_2}, \quad (30)$$

где $L_1 = 0,72$; $L_2 = 0,054$ м.

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

Станочное специальное приспособление для фрезерования шпоночного паза техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины, имеющее механизированный привод, представлено в графической части.

4 Проектирование режущего инструмента

«Фрезерование является в настоящее время наиболее распространенным методом обработки плоских поверхностей. Фрезерование выполняется на фрезерных станках». [12]

«Фрезерование шпоночных пазов производят на специальных шпоночно-фрезерных станках дисковой фрезой (если паз сквозной) или вертикально-фрезерных станках пальцевой фрезой (если паз глухой). Вал устанавливается шейками на призмах, выверенных на параллельность направлений движения подачи (рисунок 6)». [21]

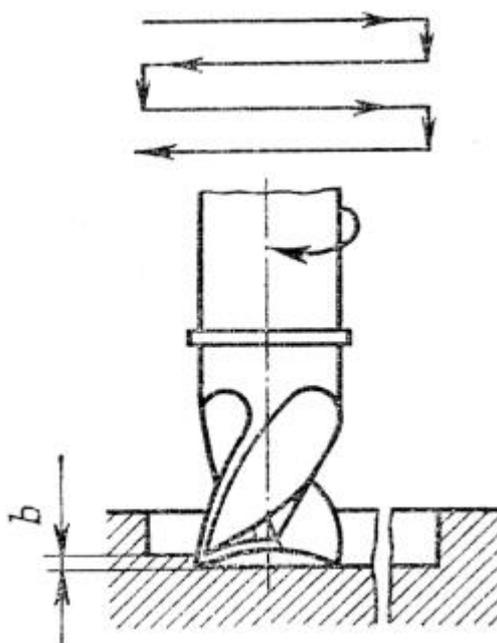


Рисунок 6 – Обработка шпоночного паза

«Фрезерование является прерывистым процессом. Поэтому, при конструировании инструмента и технологическими приемами при резании, решается задача обеспечения плавности работы фрезы. Наиболее производительным является торцевое фрезерование за счет жесткой схемы крепления инструмента и участия в работе большого количества режущих кромок». [12]

4.1 Исходные данные

На 030 шпоночно-фрезерной операции техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины обрабатывается шпоночный паз шириной $10P9_{(-0,051)}^{(-0,015)}$, как показано на рисунке 7.

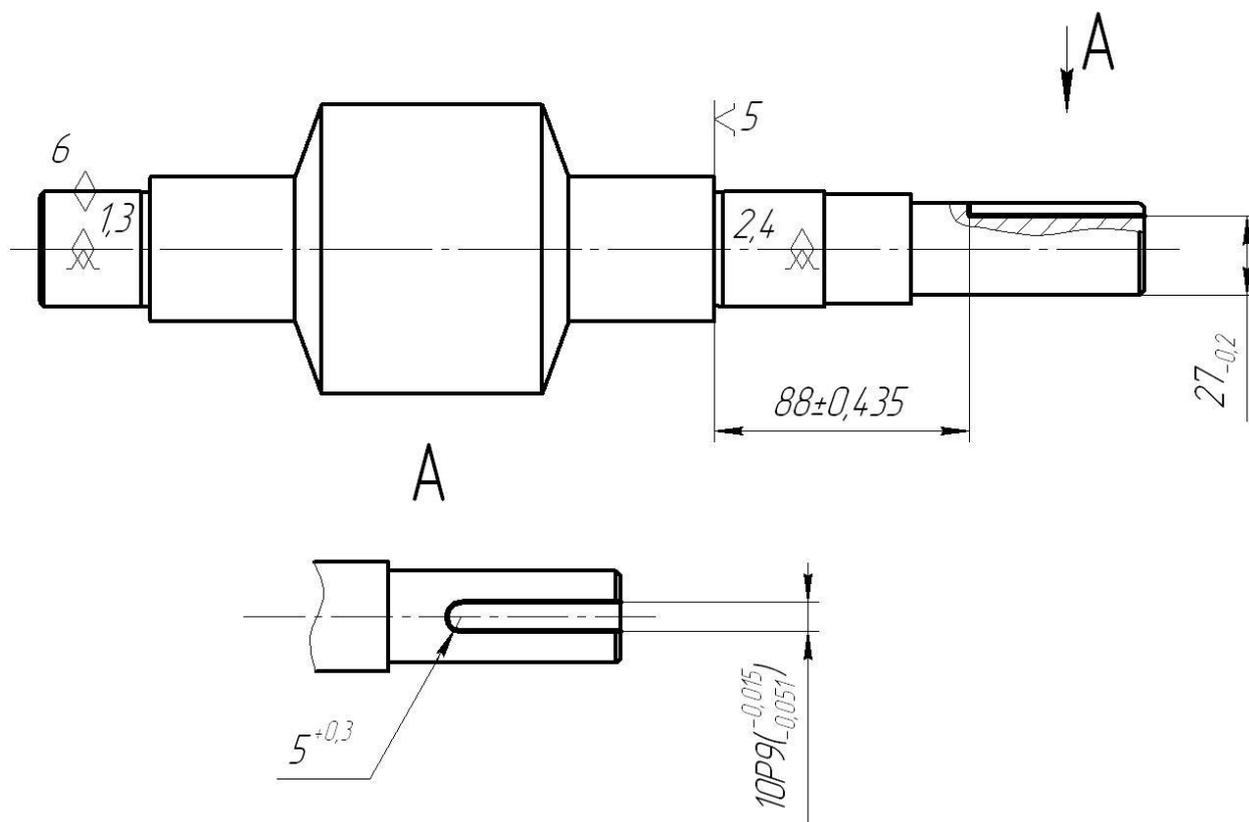


Рисунок 7 - Схема операции 030

В этом разделе спроектируем режущий инструмент для обработки шпоночного паза.

4.2 Проектирование фрезы

«Концевая фреза состоит из рабочей части (рисунок 8), шейки и хвостовика. Основными параметрами концевых фрез являются: диаметр d , длина рабочей части l и число зубьев z ». [1]

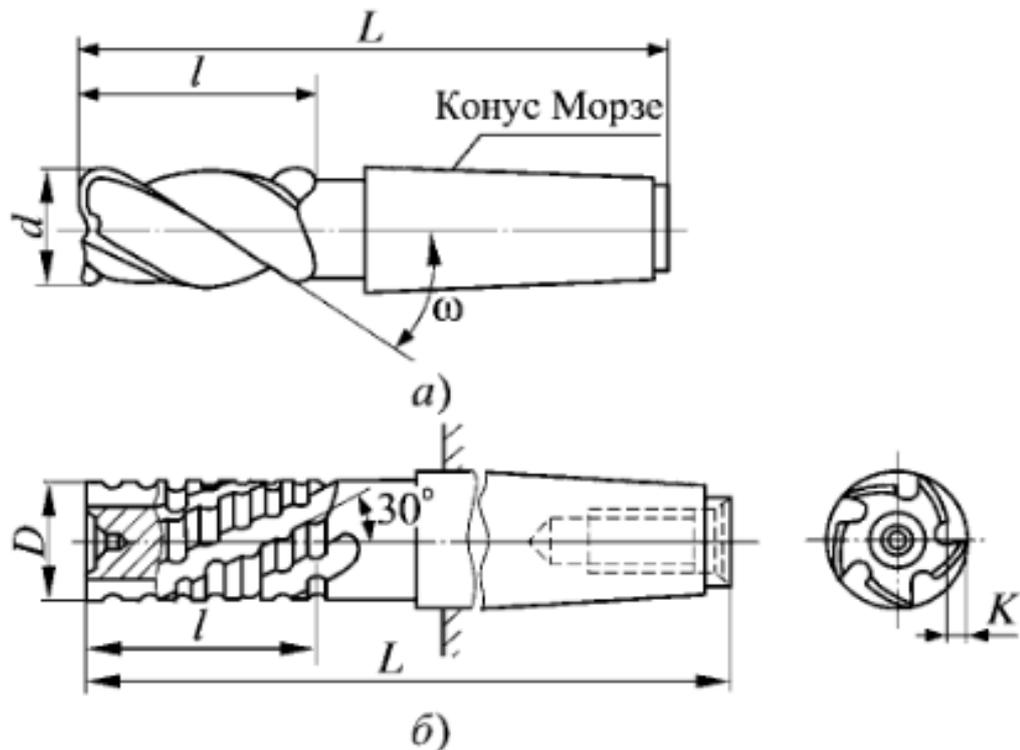


Рисунок 8 Концевые фрезы

«Зубья некоторых концевых фрез имеют три режущие кромки: главную 1, расположенную на цилиндрической поверхности, вспомогательную 2, на торцовой поверхности и переходную 3. Некоторые концевые фрезы зубьев на торце не имеют». [1]

«Угол наклона концевых фрез ω равен углу между проекцией главной режущей кромки (цилиндрической части фрезы) на основную плоскость и осью фрезы. Различают правое и левое направления угла наклона винтовых зубьев. Данный параметр фрезы оказывает влияние на изменение направления схода стружки, величину и направление осевой силы, равномерность фрезерования, значения переднего и заднего углов». [1]

Диаметр фрезы принимается, исходя из ширины шпоночного паза.

$d = 10$ мм.

«Длина фрезы

$$L = l_1 + l_2 + l, \quad (31)$$

где l – шейка;

l_1 – режущая часть;

l_2 – хвостовик». [1]

$$l_1 = 4d. \quad (32)$$

$$l_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мм.}$$

«Длина шейки

$$l_2 = 4 \cdot \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right) \text{». [1] \quad (33)}$$

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

$$l = 12 \text{ мм.}$$

$$d_u = 10 \text{ мм. [1]}$$

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

У шпоночной фрезы $z = 2$.

Износостойкие покрытия повышают стойкость режущих инструментов, поэтому для нашей фрезы предусмотрим нанесение такого покрытия из нитрида титана (TiN) методом ионно-плазменной обработки.

Чертеж режущего инструмента – шпоночной фрезы для обработки шпоночного паза на операции 030 техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом в нашем случае является производственный участок по изготовлению партии деталей «червяк грузоподъемной машины».

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, возникающих в том числе и из-за неправильной эксплуатации оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также о возникновениях пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций». [3]

В этом разделе проанализируем техпроцесс изготовления червяка грузоподъемной машины на предмет безопасности, а также экологичности по сравнению с базовым техпроцессом, который имеется на предприятии.

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

В технологическом процессе изготовления червяка грузоподъемной машины мы модернизируем две технологические операции: 025 токарную чистовую и 030 шпоночно-фрезерную. Материалом заготовки является сталь 40Х.

Токарная чистовая операция 025 проводится на токарном станке с ЧПУ модели СА500СФ3К. Заготовка устанавливается в приспособление, которым

является токарный поводковый патрон. Зажим заготовки происходит от вращения приспособления. Инструментами являются два резца с режущими пластинами из твердого сплава Т15К6. Операция выполняется оператором станка с ЧПУ. На операции используется эмульсионная СОЖ (эмульсол) марки Делинол Е-120.

На токарной операции 025 первым в обработку вступает канавочный резец Т1, которым выполняется канавка для выхода инструмента. Далее контурным резцом обрабатывается набор поверхностей.

Шпоночно-фрезерная операция 030 проводится на шпоночно-фрезерном станке модели 692Д. Заготовка в горизонтальном положении оси базируется в специальное механизированное приспособление. Инструментом является фреза шпоночная из быстрорежущей стали Р6М5, имеющая износостойкое покрытие. На операции используется эмульсионная СОЖ (эмульсол) марки Вексанол-3.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

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

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

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

Оператором может быть получена травма от действия электрического тока при следующих ситуациях:

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

Металлорежущие станки (токарный станок с ЧПУ модели СА500СФ3К и шпоночно-фрезерный станок модели 692Д) относятся к электроустановкам, работающим под напряжением до 1000 В.

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

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

На производстве могут возникнуть ситуации с обрывом электрических проводов или повреждении кабеля, находящегося на полу (земле). В этом случае происходит, так называемое, растекание электрического тока по горизонтальной поверхности (полу). Это негативное явление также может нанести травму от действия электрического тока работникам, находящимся внутри участка.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для исключения поражения кожного покрова операторов станков от образующейся металлической стружки необходимо при выполнении работ по ее уборке, согласно ГОСТ 12840-2011 [4] использовать специальный инструмент – крючок. Это позволит безопасно удалять

стружку с рабочего места и перемещать ее в специальный контейнер-сборник стружки для дальнейшей утилизации.

Для предотвращения попадания металлической стружки в глаза оператора станка необходимо, чтобы при работе оператор надевал защитные очки ГОСТ Р 12.4.013-97 [9]. При случайном вылете стружки из зоны обработки она в этом случае попадет не в глаз оператору станка, а в защитные очки.

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

«Для предупреждения об опасности поражения электрическим током используют различные звуковые, световые и цветовые сигнализаторы, устанавливаемые в зонах видимости и слышимости персонала. Кроме того, в конструкциях электроустановок предусмотрены блокировки – автоматические устройства, с помощью которых преграждается путь в опасную зону или предотвращаются неправильные, опасные для человека действия. Блокировки могут быть механические (стопоры, защелки, фигурные вырезы), электрические или электромагнитные. Для информации персонала об опасности служат предупредительные плакаты». [19]

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

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

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

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

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

На участке по осуществлению техпроцесса изготовления червяка грузоподъемной машины могут возникнуть пожары класса Е. Это пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением.

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

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

«Для тушения пожара используют: разбавление воздуха негорючими газами до таких концентраций кислорода, при которых горение прекращается; охлаждения очага горения ниже определенной температуры (температуры горения); механическое сбивание пламени струей жидкости или газа; снижением скорости химической реакции, протекающей в пламени;

создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы». [19]

Для локализации и избавления от образовавшегося пожара участок механической обработки червяка грузоподъемной машины необходимо оборудовать пожарными гидрантами ГОСТ Р 53961-2010 [10]. В пожарные гидранты подается под давлением вода, которой тушат пожар при его возникновении. Также участок должен быть оборудован огнетушителями ГОСТ 51057-2001 [7]. Эти средства также используются при возникновении возгорания.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«К экологическим рискам следует отнести образующиеся негативные факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, токсические и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделения опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покровов и так далее». [3]

На техническом объекте, которым является у нас участок механической обработки червяка грузоподъемной машины используются станки с ЧПУ. В станках широко используются смазочно-охлаждающие жидкости. Экологически вредным фактором на техническом объекте является попадание взвесей СОЖ в окружающую воздушную среду цеха. Этот фактор возможно уменьшить при настройке вентиляции на каждом рабочем месте, которая регламентируется ГОСТ Р 59972-2021 [11].

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

Также в процессе механической обработки металлических деталей, которой является червяк грузоподъемной машины, снимается металлическая стружка, которую необходимо в дальнейшем утилизировать.

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

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

В данном разделе мы предложили меры по обеспечению безопасности и экологичности участка механической обработки червяка грузоподъемной машины. Дали рекомендации по снижению производственного травматизма, а также по пожарной безопасности на участке и сделали рекомендации по снижению воздействия имеющегося промышленного производства на экологию региона, в котором располагается данное производство.

6 Экономическая эффективность работы

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

Для осуществления задуманного, нужно применить информацию, которая представлена в предыдущих разделах и касаются только модернизации и оптимизации технологии изготовления детали «червяк грузоподъемной машины». Результат принципиальной модернизации технологии и ее итог представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Результат принципиальной модернизации технологии и ее итог

Сверху, на рисунке 9, представлены измененные оснастка и инструмент, которые предложено использовать вместо тисков по ГОСТ и шпоночной фрезы, соответственно. Снизу, итог по трудоемкости выполнения

измененной операционной технологии изготовления детали «червяк грузоподъемной машины».

Для определения экономического эффекта, первым пунктом необходимо определить капитальные вложения в модернизацию процесса или, выражаясь научными терминами, необходимую сумму инвестиций. Чтобы определить сумму инвестиций применим специальную «методику расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [18]. Так как изменения технологии затрачивают только такие элементы как инструмент и оснастка, сумма инвестиций будет учитывать «затраты на проектирование (K_{IP}), оснастку (K_O), инструмент (K_{II}) и корректировку управляющей программы ($K_{У.ИР}$)» [18]. Числовые значения перечисленных показателей и общая сумма инвестиций, представлены на рисунке 10.



Рисунок 10 – Общая сумма инвестиций и входящих в нее затрат, руб.

Детализация рисунка 10, позволяет сделать вывод о том, что самыми крупными тратами является проектирование, его доля в общей сумме

инвестиций составляет 65 %. Самыми наименьшими вложениями для предприятия будут траты, связанные с оснасткой, так как их доля составит всего 3 %.

Вслед за проведенными расчетами, возникает необходимость подсчитать технологическую себестоимость, которая определяется по методике «расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [15]. Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину, показателей, отображены на рисунке 11.

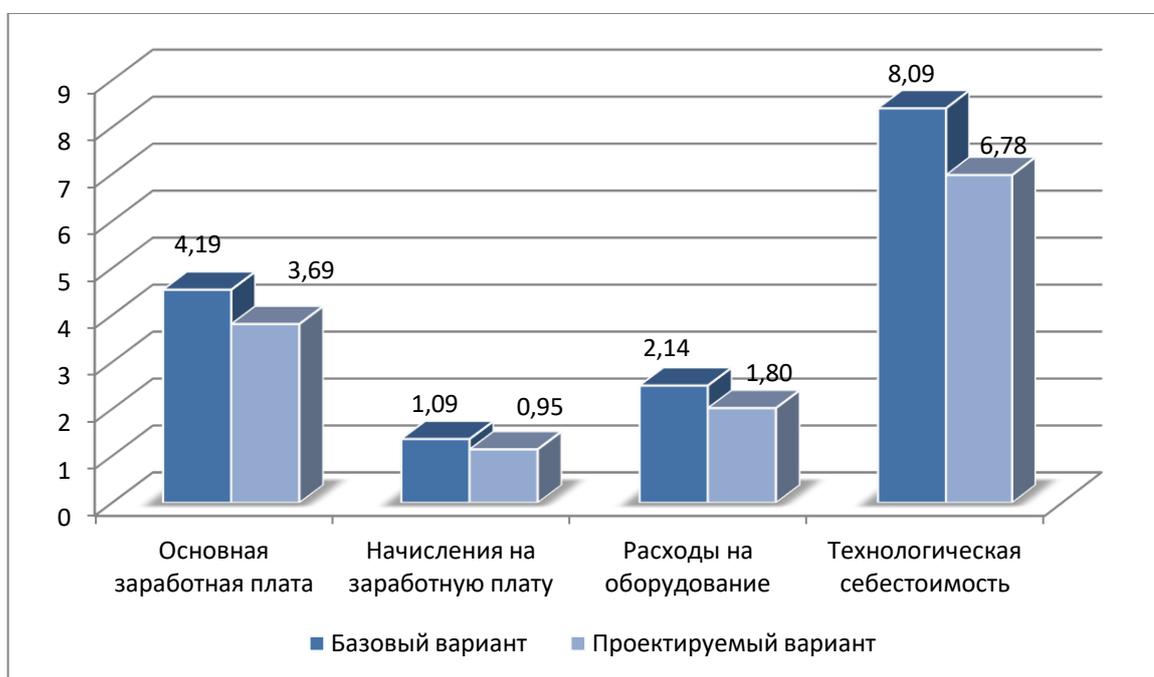


Рисунок 11 – Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину показателей, руб.

Как следует из диаграммы (рисунок 11), максимально полная зависимость значения технологической себестоимости обеспечивается основной заработной платой, с долевой величиной около 54% в обоих представленных вариантах.

После установления значения технологической себестоимости, следует выяснить значения такие показателей как: «чистая прибыль, срок окупаемости, индекс доходности и интегральный экономический эффект»

[15]. Чтобы их рассчитать, используется «методика расчета показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [15]. Значения перечисленных показателей представлены на рисунке 12.

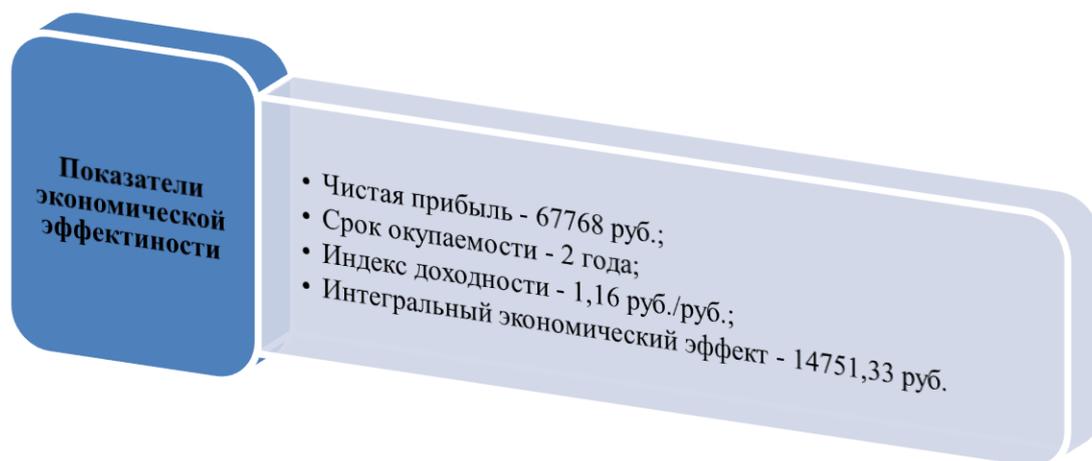


Рисунок 12 – Значения показателей экономической эффективности

Вследствие экономических расчетов была показана польза внедрения предложенной модернизации технологии изготовления детали «червяк грузоподъемной машины». Соответственно, такой процесс можно считать эффективным, так как в результате его внедрения будет получен интегральный экономический эффект в размере 14751,33 рублей.

Заключение

В работе спроектирован техпроцесс изготовления червяка грузоподъемной машины, согласно заданию.

В начале работы была проанализирована конструкция грузоподъемной машины, функции, выполняемые этой машиной. Далее рассмотрена конструкция червяка, входящего в состав грузоподъемной машины, выполнен анализ поверхностей детали. После проанализирована технологичность конструкции червяка грузоподъемной машины и рассмотрен материал, из которого он изготавливается.

В технологической части, исходя из массы червяка грузоподъемной машины и программы выпуска, принят среднесерийный тип машиностроительного производства и описаны его характеристики. Исходя из точности, шероховатости поверхностей червяка и их формы разработаны методы обработки каждой поверхности. На самую точную поверхность червяка грузоподъемной машины выполнен расчет припусков расчетно-аналитическим методом. Для обработки заготовки на токарной 025 операции, а также на шпоночно-фрезерной операции 030 рассчитаны режимы обработки.

Для закрепления заготовки червяка грузоподъемной машины на шпоночно-фрезерной операции 030 разработана конструкция специального приспособления с призмами. Зажим заготовки происходит при помощи механизированного привода. При этом облегчается работа станочника и уменьшается операционное время, затрачиваемое на загрузку и выгрузку заготовки на станке, что дало экономический эффект.

Для этой же шпоночно-фрезерной операции 030 разработана конструкция шпоночной фрезы из быстрорежущей стали Р6М5. На режущую часть фрезы наносится износостойкое покрытие, что повышает стойкость фрезы.

Список используемой литературы

1. Бердников Л.Н. Справочник фрезеровщика / Л.Н. Бердников, В.Ф. Безъязычный. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 272 с.
2. Ветошкин А.Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие для вузов / А.Г. Ветошкин. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 304 с.
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
4. ГОСТ 12840-2011. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
5. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 10 с.
6. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 56 с.
7. ГОСТ 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 45 с.
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
9. ГОСТ Р 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
10. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 19 с.
11. ГОСТ Р 59972-2021. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. – 50 с.

12. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве : учебное пособие. – 3-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 328 с.
13. Дуюн Т.А. Основы технологического проектирования в машиностроении : учебное пособие / Т.А. Дуюн, И.В. Шрубченко, А.В. Хуртасенко [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 271 с.
14. Живаго Э.Я. Детали механизмов и машин : учебник для вузов / Э.Я. Живаго, Л.Н. Гудимова, И.С. Баклушина, В.Н. Горелов ; под редакцией Э.Я. Живаго. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 292 с.
15. Зубкова Н.В. Методические указания к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
16. Клепиков В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 319 с.
17. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с.
19. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Горькова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 340 с.
20. Левшин Г. Е. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / Г. Е. Левшин. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 216 с.

21. Мартыновская С.Н. Оптимизация промышленного инжиниринга : учеб. пособие / С.Н. Мартыновская, Н.В. Сухенко, А.И. Карнаухов ; СибГУ им. М.Ф Решетнева. – Красноярск, 2023. – 76 с.
22. Масленников Н.Р. Грузоподъемные машины и механизмы : учеб. пособие / Н.Р. Масленников, Н.В. Ерофеева ; КузГТУ. – Кемерово, 2015. – 214 с.
23. Мещеряков А.В. Технологическая подготовка современного производства : практикум / А.В. Мещеряков, А.П. Шулепов, А.И. Хаймович. – Самара : Изд-во Самарского университета, 2019. – 152 с.
24. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
25. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 756 с.
26. Технология машиностроения в курсовом проектировании и в выпускной квалификационной работе : учебное пособие / И.Д. Белоновская, Н.Ю. Глинская, А.Н. Гончаров, К.В. Марусич ; Оренбургский гос. ун-т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург : ОГУ, 2024. – 208 с.
27. Шишкин В. П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 288 с.
28. Шрубченко И.В. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / И.В Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.В. Хуртасенко, М.Н. Воронкова. – Москва : ИНФРА-М, 2023 – 271 с.
29. Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок : учебник для вузов / А. С. Ямников, Е. Ю. Кузнецов, М. Н. Бобков ; под ред. А. С. Ямникова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 328 с.

