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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему __Технологический процесс изготовления червяка подъёмного механизма _

Обучающийся С.Ю. Фелюшов
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты к.э.н., доцент О.М. Сярдова
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления червяка подъёмного механизма.

Автор: Фелюшов Сергей Юрьевич.

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления червяка подъёмного механизма. Червяк предназначен для восприятия крутящего момента от электродвигателя, приводящего во вращение весь механизм, и передачи крутящего момента на червячное колесо. Червяк имеет два основных параметра – это число заходов модульной резьбы и модуль этой резьбы.

Первым этапом работы были проанализированы исходные данные, в которые входят конструкция детали, ее назначение и материал, из которого изготовлен червяк. В итоге был сделан вывод о соответствии материала червяка необходимым требованиям для выполнения своего назначения. Также в этом разделе был проведен анализ технологичности конструкции и сделаны соответствующие выводы о достаточной технологичности.

На втором этапе проведен выбор типа машиностроительного производства, где принят среднесерийный тип производства. После этого проведен расчет двух самых подходящих способов изготовления заготовки для червяка.

На третьем этапе спроектировано приспособление для шпоночно-фрезерной операции техпроцесса. Разработан оригинальный патрон для базирования в нем концевой фрезы.

Четвертым этапом в работе спроектирована конструкция режущего инструмента – концевой фрезы для выполнения шпоночного паза в детали.

Работа содержит раздел безопасности и экологичности, а также расчет экономической эффективности.

Содержание

Введение……. 4

1 Анализ исходных данных…….. 5

1.1 Общие сведения…….. 5

1.2 Назначение и условия работы детали…….. 5

1.2 Классификация поверхностей детали…….. 6

1.3 Анализ требований к поверхностям детали…….. 6

2 Технологическая часть…… 9

2.1 Определение типа производства…… 9

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса…… 9

2.3 Выбор метода получения заготовки……. 10

2.4 Выбор методов обработки поверхностей…… 12

2.5 Расчет припусков…… 13

2.6 Расчет режимов резания..…….. 17

3 Проектирование приспособления……. 23

3.1 Общие сведения…….…..…….……. 23

3.2 Расчет патрона …… 24

3.2 Силовой расчет станочного приспособления…… 25

4 Проектирование режущего инструмента…….. 28

4.1 Общие сведения ……..…….……. 28

4.2 Выбор инструментального материала……. 28

4.3 Конструктивные элементы фрезы …… 29

5 Безопасность и экологичность технического объекта……. 31

6 Экономическая эффективность работы…… 37

Заключение…… 42

Список используемой литературы……. 43

Приложение А. Операционные карты…….. 46

Введение

В машиностроительных цехах для перемещения, передвижения различных грузов в производственных нуждах используются подъемные механизмы. В одних случаях они поднимают тяжелые детали, в других – поднимают и перемещают эти детали по производственным площадям, перемещают со складов и обратно. Этими подъемными механизмами могут быть мостовые краны, мачтовые краны или стрелы и так далее. Особенно актуальны эти механизмы в тяжелом машиностроении, где изготавливают большегрузные детали. Причем для изготовления большегрузных деталей используются большегрузный режущий инструмент, а еще больший вес имеет оборудование.

В состав мостового крана входит червяк. Он предназначен для восприятия крутящего момента от электродвигателя, приводящего во вращение весь механизм, и передачи крутящего момента на червячное колесо. Червяк имеет два основных параметра – это число заходов модульной резьбы и модуль этой резьбы.

Качество изготовления деталей в машиностроении играет важнейшую роль. От него зависит работоспособность всей машины, а также срок ее службы. Машины с большим сроком службы имеют больший период времени между капитальными ремонтами, которые должны проводиться для цеховых машин на регулярной основе. Поэтому качество изготовления каждой детали машины важно для машины в целом.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления червяка подъемного механизма мостового крана надлежащего качества с минимальными затратами на изготовление, а также при заданной программе выпуска изделий.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Складская система предназначена для обеспечения своевременного снабжения технологического оборудования полуфабрикатами в подготовленном для транспортирования виде и хранения готовых изделий. Производственный процесс начинается и заканчивается на складе, причем склад выполняет роль демпфирующего элемента при нестабильных дискретных входных и выходных грузопотоках. На складах происходит преобразование грузопотоков с целью обеспечения запланированного хода производства. Количественные, геометрические и временные параметры входящих и выходящих грузопотоков на склад могут быть детерминированными, что характерно для поточного производства, или могут носить случайный характер, типичный для непоточного производства». [19]

«Характерным для непоточного производства является значительная длительность складирования, которая достигает 70…90% от всего цикла производства. Это объясняется необходимостью создания запасов полуфабрикатов в производстве с целью компенсации неравномерности и дискретности поступления полуфабрикатов в цех, колебаний станкоемкости выполнения операци производственного процесса, отказов оборудования, режущего инструмента и других случайных факторов». [19]

1.2 Назначение и условия работы детали

Червяк предназначен для восприятия крутящего момента от электродвигателя, приводящего во вращение весь механизм, и передачи крутящего момента на червячное колесо. Червяк имеет два основных параметра – это число заходов модульной резьбы и модуль этой резьбы.

1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали. Нумерация поверхностей представлена на рисунке 1.

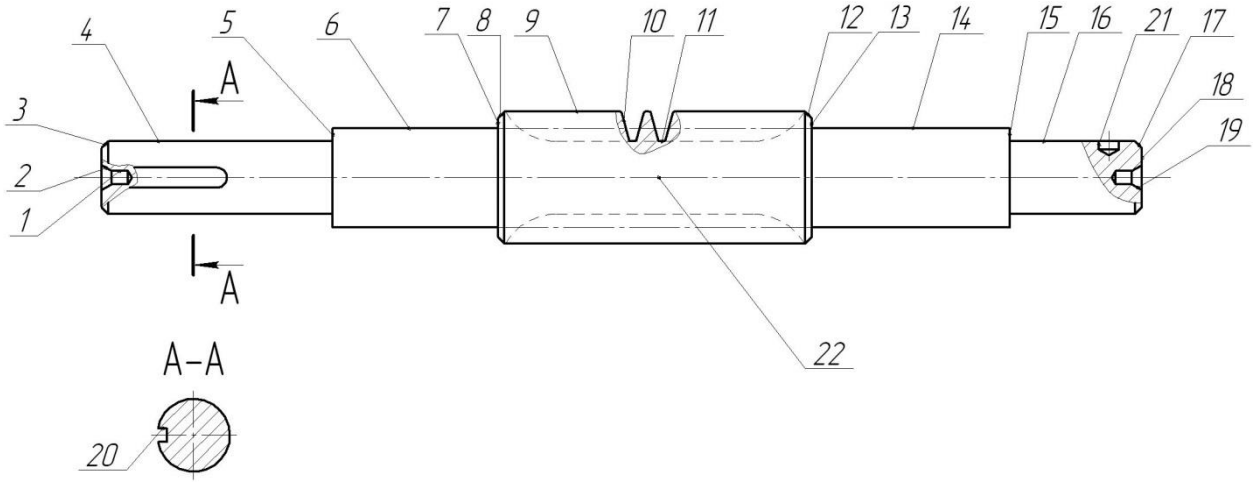

Рисунок 1 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями червяка являются поверхности 10 и 20.

Основными конструкторскими базами червяка являются поверхности 6, 7 и 14.

Вспомогательными конструкторскими базами червяка являются поверхности 4, 5, 13, 15 и 16.

Остальные поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом червяка является конструкционная сталь 38ХН3МФА ГОСТ 4543-2016 [8].

Физико-механические свойства стали 38ХН3МФА представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 38ХН3МФА

$\sigma_в$, МПа	Ψ, %	$\sigma_т$, МПа	δ_5, %	НВ
1180	50	1080	12	293

«Известно, что механические передачи занимают одно из важнейших мест при передаче или преобразовании движения. Учитывая исключительную важность механического привода в составе любой машины, рассмотрим механические передачи с непосредственным контактом зацепления. К этому классу передач относятся зубчатые механизмы с параллельными осями (цилиндрические), пересекающимися осями (конические) и перекрещивающимися осями (гиперболоидные), вариантами которых являются червячные, гипоидные и винтовые механизмы». [11]

«Так как наибольшее скольжение наблюдается в гиперболоидных механизмах, в частности в червячных передачах, исследуются конструкторские возможности улучшения смазочной способности, а также исключение задира за счет эффективных маслорастворимых металлоплакирующих присадок и антифрикционных добавок в контакте червячной пары трения». [11]

«В целом червячная передача (рисунок 2) является, с одной стороны, простым механическим объектом, имеющим достаточно много технико-экономических преимуществ, с другой стороны, сложным с точки зрения зацепления и, как следствие, триботехнически проблематичным: заедание, износ, низкий КПД. Преимущество червячной передачи состоит, во-первых, в том, что червячный редуктор позволяет получить в одной ступени большое по значению передаточное число». [11]

Рисунок 2 – Червячная передача

«Червячные передачи имеют 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 позволит исключить из конструкции привода дополнительное тормозное устройство. Именно по этому червячные передачи находят широкое применение в подъемных механизмах». [11]

Далее перейдем к проектированию самого технологического процесса изготовления червяка подъемного механизма.

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». [2]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали m=1,9 кг и программа выпуска в N=7000 деталей в год. Исходя из этих параметров [2], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Серийным называют производство, характеризуемое периодическим изготовлением или ремонтом изделий ограниченной номенклатуры повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска». [2]

«Серийное производство является основным типом современного машиностроительного производства, в условиях которого выпускается 75…80% изделий машиностроения, в том числе и горного машиностроения. По своим технологическим и производственным характеристикам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством, при этом мелкосерийному производству присущи признаки и особенности единичного производства, а крупносерийному – особенности массового производства». [2]

«В серийном производстве используется универсальное, специализированное и специальное оборудование. Широко применяются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, гибкие автоматизированные

системы станков с ЧПУ, связанных транспортирующими устройствами. Применяется как универсальная, так и специальная оснастка». [2]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Одним из основополагающих принципов выбора метода получения заготовки является обеспечение максимального приближения ее формы, размеров и качества поверхности к аналогичным характеристикам получаемой детали. В этом случае существенно сокращаются расход металла, объем механической обработки и производственный цикл изготовления детали. Однако при этом в заготовительном производстве увеличиваются расходы на технологическое оборудование и оснастку, их ремонт и обслуживание. Поэтому при выборе метода получения заготовки следует производить технико-экономический анализ двух этапов производства: заготовительного и механообрабатывающего». [9]

«Выбор метода должен осуществляться на основе технического и экономического принципов. В соответствии с техническим принципом выбранный технологический процесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований на изготовление изделия. В соответствии с экономическим принципом изготовление заготовки следует вести с минимальными производственными затратами. Из нескольких возможных методов получения изделия при прочих равных условиях выбирают более экономичный, а при равной экономичности – наиболее производительный». [9]

При штамповке масса заготовки будет равна 3,15 кг, а при прокате 4,55 кг.

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

$$C_{мех} = C_c + E_н \cdot C_к, \qquad (1)$$

где $C_c = 0{,}495; E_н = 0{,}15; C_к = 1{,}085$. [12]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [12]

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_т \cdot k_с \cdot k_в \cdot k_м \cdot k_п, \qquad (2)$$

где $C_{шт} = 0{,}315; k_т = 0{,}9; \cdot k_с = 0{,}84; k_в = 1{,}14; k_м = 1{,}0; k_п = 1{,}0$. [15]

Тогда

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [12].

$$C_{тш} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех}(Q_{шт} - q) - C_{отх}(Q_{шт} - q), \qquad (3)$$

где $Q_{шт} = 3{,}15; q = 1{,}9$ кг - массы заготовки и детали;

$C_{ОТХ} = 0{,}0144$ руб/кг. [12]

Тогда

$C_{шт} = 0{,}2715 \cdot 3{,}15 + 0{,}6578(3{,}15 - 1{,}9) - (3{,}15 - 1{,}9)0{,}0144 = 1{,}6595$ руб.

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [12].

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

где $Q_{пр} = 4{,}55; q = 1{,}9$ кг;

$C_{ОТХ} = 0{,}0144$ руб/кг. [12]

Тогда

$C_{тп} = 0{,}1219 \cdot 4{,}55 + 0{,}6578(4{,}55 - 1{,}9) - 0{,}0144(4{,}55 - 1{,}9) = 2{,}2597$ руб.

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Рассчитаем годовую экономию

$$Э_г = (C_{тп} - C_{тш})N_г. \quad (5)$$

Тогда $Э_г = (C_{тп} - C_{тш})N_г = (2{,}2597 - 1{,}6595)7000 = 4201{,}4$ руб.

Перейдем к выбору методов обработки.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Различные по служебному назначению, размерам и геометрии детали машин изготавливают в соответствии с разработанным для конкретной детали технологическим процессом с использованием обоснованно выбранной для данных условий заготовки. При этом выбор необходимого состава технологических переходов и объединение их в соответствующие операции для выбора требуемого технологического оборудования осуществляется путем расчета уточнений. Достижение требуемой точности деталей при ее изготовлении осуществляется путем последовательной механообработки исходной заготовки на соответствующих станках. В результате прохождения заготовки через соответствующую технологическую систему происходит ее уточнение по одному или нескольким параметрам точности». [16]

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 1, 2, 18, 19 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: центровально-подрезная обработка.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 3, 8, 9, 12, 17 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 6) поверхностей 4, 6, 14, 16 и их шероховатости (Ra 0,63) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое круглое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 5, 7, 13, 15 и их шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 8) поверхностей 10 и их шероховатости (Ra 0,63) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое резьбофрезерование и резьбошлифование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 11 и их шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое резьбофрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 11) поверхностей 20 и их шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновая и чистовая шпоночно-фрезерная обработка.

2.5 Расчет припусков

«В настоящее время в машиностроении применяются два метода установления припусков на обработку – опытно-статистический и расчетно-аналитический. При использовании опытно-статистического метода припуски устанавливаются по таблицам, которые составлены на основе обобщения практических данных передовых производств. Его недостатком является то, припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов. Например, общие припуски – без учета маршрута обработки данной поверхности, промежуточные – без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки. В связи с этим опытно-статистические припуски во многих случаях завышены, так как

ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть наибольшим во избежание брака. Расчетно-аналитический метод определения припусков более трудоемок, однако лишен указанного недостатка. В соответствии с этим методом промежуточный припуск, назначаемый для определенного перехода, должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующем технологическом переходе, а также возникающая на выполняемом переходе погрешность установки обрабатываемой заготовки. Метод базируется на учете конкретных условий выполнения технологического процесса, позволяя выявить возможности экономии материала и снижения трудоемкости механической обработки». [21]

Определим припуски на обработку поверхности 6 с параметрами $\varnothing 30k6(^{+0,015}_{+0,002})$ мм, $L = 30$ мм, $Ra = 0{,}8$ мкм расчетно-аналитическим методом.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$\Delta = 0{,}25 \cdot Td \text{ . [4]} \qquad (6)$$

$\Delta_0 = 0{,}25 \cdot 2{,}6 = 0{,}650$.

$\Delta_{01} = 0{,}25 \cdot 0{,}25 = 0{,}075$.

$\Delta_{02} = 0{,}25 \cdot 0{,}074 = 0{,}019$.

$\Delta_{TO} = 0{,}25 \cdot 0{,}120 = 0{,}030$.

$\Delta_{03} = 0{,}25 \cdot 0{,}046 = 0{,}012$.

$\Delta_{04} = 0{,}25 \cdot 0{,}013 = 0{,}003$.

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \text{ . [4]} \qquad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0{,}5(Td_{i-1} + Td_i). \text{ [4]} \qquad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0{,}4 + \sqrt{0{,}65^2 + 0{,}025^2} = 1{,}050.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0{,}2 + \sqrt{0{,}075^2 + 0} = 0{,}275.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0{,}1 + \sqrt{0{,}03^2 + 0{,}012^2} = 0{,}132.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0{,}039 + \sqrt{0{,}012^2 + 0} = 0{,}051.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0{,}5(Td_0 + Td_1) = 1{,}050 + 0{,}5(2{,}6 + 0{,}25) = 2{,}475.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0{,}5(Td_1 + Td_2) = 0{,}275 + 0{,}5(0{,}250 + 0{,}074) = 0{,}437.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0{,}5(Td_2 + Td_3) = 0{,}132 + 0{,}5(0{,}074 + 0{,}046) = 0{,}192.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0{,}5(Td_3 + Td_4) = 0{,}051 + 0{,}5(0{,}046 + 0{,}013) = 0{,}081.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 30{,}002.$$

$$d_{4\max} = 30{,}015.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 30{,}015 + 2 \cdot 0{,}051 = 30{,}117.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 30{,}117 + 0{,}013 = 30{,}130.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 30{,}130 + 2 \cdot 0{,}132 = 30{,}394.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 30{,}394 + 0{,}120 = 30{,}514.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0{,}999 = 30{,}514 \cdot 0{,}999 = 30{,}483.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 30{,}483 + 0{,}074 = 30{,}557.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 30{,}557 + 2 \cdot 0{,}275 = 31{,}107.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 31{,}107 + 0{,}250 = 31{,}357.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 31{,}357 + 2 \cdot 1{,}050 = 33{,}457.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 33{,}457 + 2{,}600 = 36{,}057.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$«d_{cpi} = 0{,}5(d_{i\max} + d_{i\min})» \text{ [4]} \qquad (9)$$

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

$d_{cp0} = 0{,}5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0{,}5(36{,}057 + 33{,}457) = 34{,}757$.

$d_{cp1} = 0{,}5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0{,}5(31{,}357 + 31{,}107) = 31{,}232$.

$d_{cp2} = 0{,}5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0{,}5(30{,}557 + 30{,}483) = 30{,}520$.

$d_{cpTO} = 0{,}5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0{,}5(30{,}514 + 30{,}394) = 30{,}454$.

$d_{cp3} = 0{,}5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0{,}5(30{,}130 + 30{,}117) = 30{,}124$.

$d_{cp4} = 0{,}5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0{,}5(30{,}015 + 30{,}002) = 30{,}009$.

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$«2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}». \text{ [4]} \qquad (10)$$

$2Z_{\min} = 33{,}457 - 30{,}015 = 3{,}442$.

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

$2Z_{\max} = 3{,}442 + 2{,}6 + 0{,}013 = 6{,}055$.

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

$2Z_{cp} = 0{,}5(3{,}442 + 6{,}055) = 4{,}749$.

Рассчитанные припуски отразятся на технологических операциях при их проектировании и на конструкции и размерах при проектировании исходной заготовки.

2.6 Расчет режимов резания

«При обработке резанием пластичных материалов поверхностный слой детали сильно деформируется, теряет свою равновесную структуру и приобретает специфическое волокнистое строение (структуру), обладающее иными физическими свойствами. Наличие перед лезвием инструмента деформируемой зоны значительно влияет на изменение геометрической формы и неровности обработанной поверхности, обычно при этом в первую очередь существенно увеличивается продольная шероховатость. Скорость резания является одним из наиболее существенных факторов, влияющих на развитие пластических деформаций при точении. Малые скорости резания углеродистых конструкционных сталей (сталь 30, 40, 45, 50) порядка *V=1* м/мин приводят к значительно небольшому повышению температуры и способствует образованию элементной стружки. При этом отделение стружки происходит легко, без заметных деформаций верхнего слоя обработанной поверхности; неровности на обработанной поверхности незначительны». [22]

«С увеличение скорости резания до 40 м/мин в процессе образования стружки выделяется большое количество теплоты, которая способствует пластическому точению отделяемого, находящегося в пластическом состоянии, металла вдоль передней и задней поверхностей резца. Выдавливаясь из-под лезвия, этот металл частично пристает к сходящей стружке, частично скапливается на передней грани, а частично размазывается задней гранью инструмента по обрабатываемой поверхности». [22]

2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 010.

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

Скорость резания

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

где $K_1 = 0{,}8; K_2 = 1{,}80; K_3 = 0{,}8; K_4 = 1{,}0$; $V_0 = 205$. [18]

$V = 205 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 131{,}2$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (14)$$

$n = \frac{1000 \cdot 188{,}6}{3{,}14 \cdot 40{,}6} = 1479$ мин$^{-1}$.

$n_ф = 1600$ мин$^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_ф = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (15)$$

$V_ф = \frac{3{,}14 \cdot 40{,}6 \cdot 1600}{1000} = 204$ м/мин.

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (16)$$

$S = 0{,}2 \cdot 1600 = 320$ мм/мин.

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_0 \cdot n}. \quad (17)$$

$T_0 = \frac{201}{0{,}16 \cdot 1600} = 0{,}785$ мин.

2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 025.

Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2}. \qquad (18)$$

$t = \frac{30{,}94 - 30{,}38}{2} = 0{,}28$, мм.

Примем $S = 0{,}33$, мм/об. [18]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V. \qquad (19)$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{èV} \cdot K_{nV} \qquad (20)$$

Примем $T = 50; C_V = 350; x = 0{,}15; y = 0{,}3; m = 5$. [18]

$K_{MV} = \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_\upsilon} \cdot K_r$.

$K_r = 0{,}8; n = 1{,}0$. [18]

$K_{MV} = \left(\frac{750}{710}\right)^1 \cdot 0{,}8 = 0{,}85$.

$K_{nV} = 0{,}8; K_{uV} = 0{,}65$. [18]

$K_V = 0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}65 = 0{,}44$.

Тогда $V = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0{,}28^{0,15} \cdot 0{,}33^{0,35}} \cdot 0{,}44 = 126$, м/мин.

Частоту вращения шпинделя определим по формуле (14)

$n = \frac{1000 \cdot 126}{3{,}14 \cdot 30{,}94} = 1260$, мин$^{-1}$.

$n_ф = 1250$, мин$^{-1}$.

Уточним скорость резания по формуле (15)

$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 30{,}94 \cdot 1250}{1000} = 121$, м/мин.

Определим силу резания

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot \upsilon^n \cdot K_p, \qquad (21)$$

где $C_P = 300; x = 1; y = 0{,}75; n = -0{,}15$. [18]

$$K_P = K_{PM} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \qquad (22)$$

где $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_{\hat{a}}}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{710}{750}\right)^{0,75} = 0{,}96$. [18]

$K_P = 0{,}89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}96 = 0{,}8$.

$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0{,}28^1 \cdot 0{,}33^{0,75} \cdot 121^{-0,15} \cdot 0{,}8 = 145$, Н.

Мощность резания

$$N = \frac{P_Z \cdot \upsilon}{1020 \cdot 60}. \qquad (23)$$

$N = \frac{145 \cdot 121}{1020 \cdot 60} = 0{,}28$, кВт.

$N_{рез} \le \mathrm{N}_{дв} \cdot \eta$.

$0{,}28 < 18{,}5 \cdot 0{,}8$.

$0{,}28 < 14{,}8$.

Следовательно, обработка возможна.

Основное время

$$T_O = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}. \qquad (24)$$

где $L = l + y$.

$L = 100 + 3 = 103$, мм.

$T_O = \frac{103 \cdot 1}{1250 \cdot 0{,}33} = 1{,}75$, мин.

2.6.3 Расчет режимов резания на операцию 035.

Примем диаметр фрезы $D = B = 6$ мм.

Подача $S_Z = 0{,}07$. [18]

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3}, \quad (25)$$

где $K_{S1} = 0{,}85; K_{S2} = 0{,}57; K_{S3} = 0{,}25$. [18]

$S_Z = 0{,}07 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}57 \cdot 0{,}25 = 0{,}008$.

Скорость резания

$$V_P = V_T \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6}, \quad (26)$$

где $V_T = 48; K_{V1} = 0{,}8; K_{V2} = 3{,}4; K_{V3} = 1{,}0; K_{V4} = 0{,}57; K_{V6} = 1{,}12$. [18]

Тогда $V_P = 48 \cdot 0{,}8 \cdot 3{,}4 \cdot 1 \cdot 0{,}57 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}12 = 100$, м/мин.

Частоту вращения шпинделя определим по формуле (15)

$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3{,}14 \cdot 6} = 5307$, мин$^{-1}$.

$n_ф = 4000$, мин$^{-1}$.

Уточним скорость резания по формуле (16)

$V_{ФАКТ} = \frac{3{,}14 \cdot 6 \cdot 4000}{1000} = 75{,}4$, м/мин.

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{1.PX} + L_{1.П} + L_{2.PX} + L_{2.П} + L_{3.PX} + L_{3.П}}{S_{МИН}}, \quad (27)$$

где $L_{1PX} = L_{2PX} = L_{3PX} = 35$, мм;

$L_{1П} = L_{2П} = L_{3П} = 1$, мм.

Минутная подача

$$S_{МИН} = S_Z \cdot Z \cdot n. \qquad (28)$$

$S_{МИН} = 0{,}008 \cdot 4 \cdot 4000 = 128$, мм/мин.

$T_0 = \dfrac{35+1+35+1+35+1}{128} = 0{,}84$ мин.

Рассчитанные режимы резания используем при заполнении технологической документации к технологическому процессу, представленной в Приложении А (таблица А.1), а также представим в технологических наладках графической части.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Общие сведения

«Проектирование приспособления рекомендуют проводить в следующей последовательности». [1]

«1. Ознакомиться с чертежом детали и исходными данными. Определить обрабатываемые поверхности их размеры, точность обработки, шероховатость, выбрать базовые поверхности». [1]

«2. Выбрать оборудование, инструмент, определить режимы резания и основное технологическое время». [1]

«3. Разработать схему приспособления. На разработанной схеме приспособления указать направления действия сил резания, место приложения, направление и величину усилий зажима, окончательно выбрать станок и инструмент, основные конструктивные размеры приспособления». [1]

«4. Оформить операционную технологическую карту на операцию согласно чертежу». [1]

«5. Выбрать стандартизованные и нормализованные детали приспособления. Создать твердотельные модели заготовки, стандартизованных и своих оригинальных деталей приспособления. Создать твердотельную модель сборки приспособления. При необходимости произвести корректировку моделей деталей, входящих в сборку. При создании модели приспособления особое внимание следует обратить на наложение связей между деталями приспособления». Определить правильность расположения всех элементов и механизмов приспособления с учетом удобства сборки и разборки приспособления, его ремонта, а также установки и снятия детали, удаления стружки». [1]

На операции 35 выполняется шпоночный паз на шпоночно-фрезерном станке, как показано на рисунке 3.

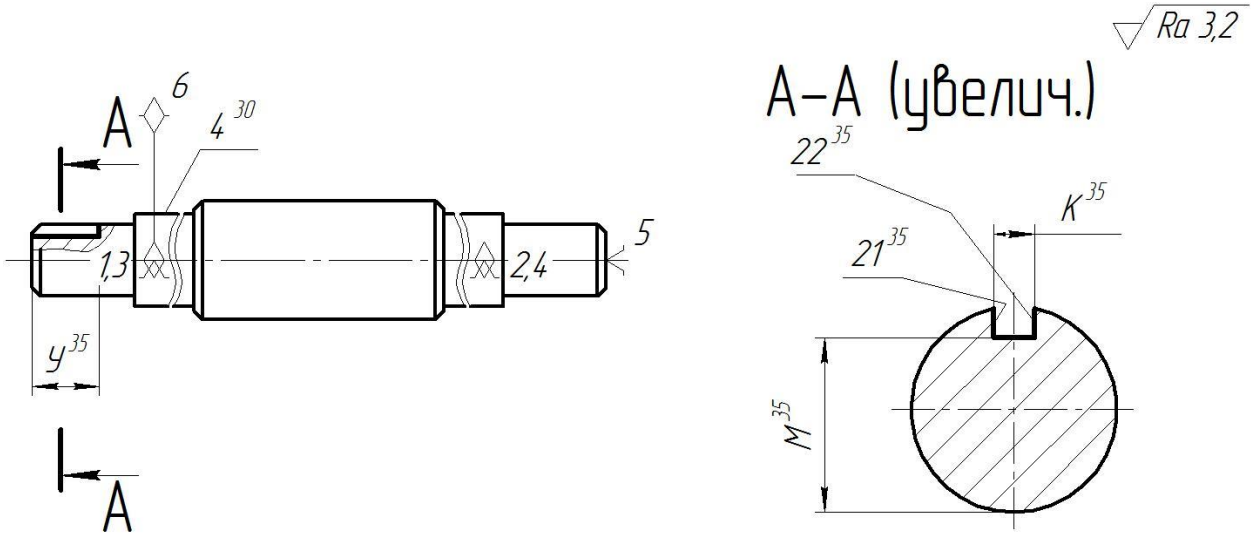

Рисунок 3 – Эскиз операции 35

Обработку ведут концевой фрезой. Концевая фреза должна иметь очень малое биение для точного выполнения шпоночного паза. Также важна скорость обработки. Здесь скорость резания достигает больших значений поэтому приспособление, зажимающее режущий инструмент должно быть изготовлено с высокой точностью.

3.2 Расчет патрона

Принципиальная схема работы зажимного патрона представлена на рисунке 4.

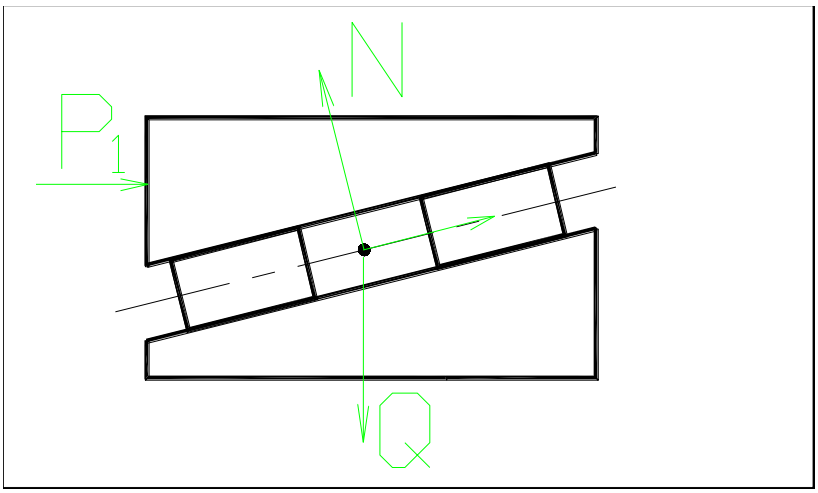

Рисунок 4 - Принципиальная схема работы зажимного патрона

Суммарная сила резания определяется зависимостью

$$P = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2 \text{. [20]} \qquad (29)$$

Тогда $P = 12032^2 + 1270^2 + 84^2 = 12970$.

Достаточная для закрепления инструмента сила

$$Q = \frac{P}{f}. \qquad (30)$$

Тогда $Q = \frac{12970}{0{,}1} = 129700$.

Сила трения

$$N_f = \frac{P_1 \cdot f}{\sin\alpha}. \qquad (31)$$

Данное приспособление должно быть самотормозящим, так как устройство не должно самораскрепляться при выполнении операции фрезерования.

$S = 0{,}1 \cdot 10 = 1$.

Наибольшая толщина кольца

$S_{\max} = 1 + 20 \cdot tg\alpha = 3{,}8$, мм.

Диаметральный натяг определим по формуле

$$\delta = 10^3 \cdot k \cdot d_{cp} \cdot O. \qquad (32)$$

где $k = \dfrac{Q}{\pi \cdot d \cdot e}$,

$O = 2{,}24 \cdot 10^{-4}$. [15]

Тогда $\delta = 10^3 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 2{,}24 \cdot 10^{-4} = 40{,}3$, мкм.

Примем $\delta = 0{,}035$.

Определим осевую силу

$$P = Q \cdot \mathrm{f}. \qquad (33)$$

Тогда $P = 129700 \cdot 0{,}003 = 390$.

Данное движение происходит по винтовой направляющей линии с подъёмом

$tg\varphi = \dfrac{3}{3{,}14 \cdot 12} = 0{,}079$.

Тогда определим окружное усилие

$F = 390 \cdot 0{,}079 = 3{,}1$.

На рисунке 5 представлено спроектированное приспособление.

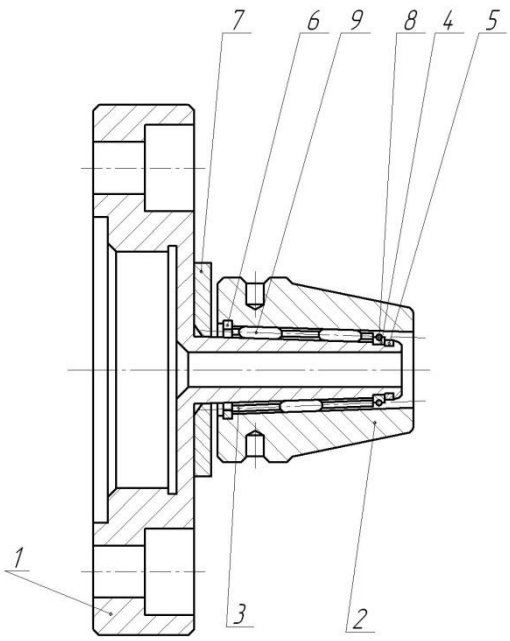

Рисунок 5 - Спроектированное приспособление

Конструкция патрона для фрезерования шпоночного паза, где закрепляется концевая фреза, имеет ролики 9 и гайку 2. Ролики в приспособлении расставлены по винтовой линии. При накручивании гайки 2 на корпус 1 за счет роликов происходит то, что под действием упругих сил ролики создают микронеровности на внутреннем отверстии корпуса 1 патрона. Помещенный в этом отверстии хвостовик концевой фрезы за счет образования упругих деформаций корпуса патрона зажимается. Таким образом, происходит фиксация фрезы в патрон. Разжим осуществляется вывинчиванием гайки 2.

Спроектированное приспособление представлено в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«Сквозные и открытые с одной стороны шпоночные пазы изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами». [3]

«Фрезерование паза осуществляется за один-два прохода. Этот способ наиболее производителен и обеспечивает достаточную точность ширины паза, но его применение ограничивается конфигурацией пазов». [7]

«Фрезерование концевой фрезой за один проход проводится таким образом, чтобы сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину канавки, потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину. При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение эмульсией. Вследствие того, что фреза работает в основном периферийной частью, диаметр которой уменьшается от переточки к переточке, по мере увеличения числа переточек точность обработки (по ширине паза) ухудшается». [7]

В спроектированном технологическом процессе на операции 030 выполняется фрезерование шпоночного паза. Обработку ведут концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке. Схема операции представлена на рисунке 6.

Спроектируем концевую фрезу для операции 35.

4.2 Выбор инструментального материала

Конструкцию концевой фрезы для обработки заготовки материала - сталь 38ХН3МФА с σ_B=1180 МПа примем твердый сплав ВК6 ГОСТ 3882-74 [7].

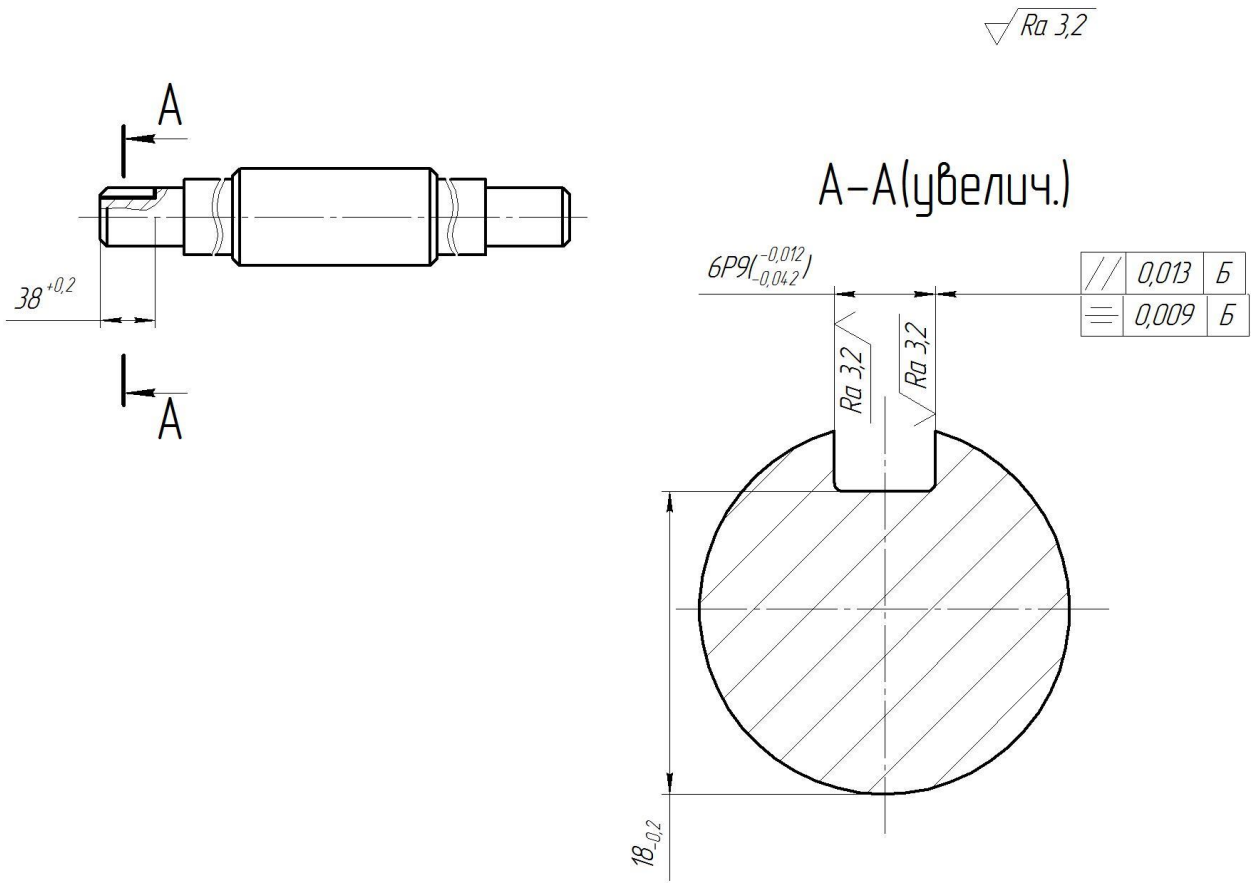

Рисунок 6 - Схема операции 35

4.3 Конструктивные элементы фрезы

Наружный диаметр режущей части концевой фрезы d назначается исходя из ширины шпоночного паза.

Принимаем $D = B = 6$ мм.

Рассчитаем длину фрезы

$$L = l_1 + l + l_2, \tag{34}$$

где «l_1 – длина режущей части;

l – длина шейки;

l_2 – длина хвостовика». [10]

Для фрез диаметром до 30 мм длина режущей части $l_1 = 4 \cdot d$, следовательно:

$l_1 = 4 \cdot 6 = 24$, мм.

Примем $l_1 = 20$ мм.

Длина шейки определим из зависимости

$$l = 4\left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d}\right). \qquad (35)$$

Тогда $l = 4\left(\sqrt[4]{6} + \frac{12}{6}\right) = 14{,}3$, мм. Примем $l = 10$ мм.

Диаметр шейки выберем равным диаметру режущей части фрезы, а значит

$d_ш = d = 6$ мм.

Определим общую длину фрезы по формуле (35):

$L = 20 + 10 + 30 = 60$, мм.

Определим высоту зуба фрезы по формуле

$$h = K\frac{D}{Z}, \qquad (36)$$

где $K = 0{,}9...1{,}2$. [5]

Примем $K = 1{,}0$; $Z = 4$. [10]

Тогда по формуле получим

$h = 1 \cdot \frac{8}{4} = 2$, мм.

«Для выполнения условия равномерности фрезерования зубья на цилиндрической части выполняют стружечную канавку с углом наклона ω=30…45º». [10]

Принимаем $\omega = 45^o$.

Спроектированная фреза представлена в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления червяка подъёмного механизма.

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 2 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 2 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [5]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [5]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [5]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [5]
Изготовление червяка подъёмного механизма	Шпоночно-фрезерная	Оператор станка с ЧПУ	Фреза концевая ВК6 Патрон специальный Тиски гидрозажимные
	Токарная		Резец контурный правый Т15К6 ГОСТ 18878-73 Патрон поводковый ГОСТ 25638-85 Центр упорный ГОСТ 8742-85

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 3 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.

Таблица 3 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [5]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [5]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
Шпоночно-фрезерная	Химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум, вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения	СОЖ, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок
Токарная		

«Процесс идентификации, оценки и управления рисками состоит из следующих этапов: создание комиссии по идентификации опасностей и оценке рисков и утверждение графика идентификации опасностей и оценки рисков; Сбор предварительной информации; идентификация опасностей; определение действующих мер снижения и минимизации рисков; определение тяжести последствий; определение вероятности возникновения рисков; оценка рисков; разработка дополнительных мер, направленных на снижение уровня рисков». [14]

Вышеприведенные факторы угрожают безопасности исполнения операций технологического процесса изготовления червяка подъёмного механизма. Необходимо предпринять меры по устранению влияния приведенных опасных факторов на работников.

5.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления червяка подъёмного механизма. Методы и средства приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [5]	«Организационные методы, технические средства» [5]	«Средства защиты» [5]
вибрации	«Инструктажи по охране труда. Устройства и приспособления, гасящие вибрации» [17]	«Ботинки с амортизирующими подошвами» [6], «вибропоглащающие перчатки» [22]
«акустические колебания в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [5]	«Инструктажи по охране труда. Приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [17]	Противошумные вкладыши или наушники
Поражение электрическим током	«Инструктажи по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция токоведущих частей. Системы аварийного отключения» [17]	резиновые напольные покрытия, Перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
Химическое отравление (через дыхательные пути)	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
Загрязнение воздуха	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	Инструктажи по охране труда Соблюдение периодических перерывов	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [5]	Инструктажи по охране труда устройства местного освещения	-

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 5-6 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок» [5]	«Оборудование» [5]	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [5]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [5]
Производственный участок	692Д 16Б16Т1С1	Д	«Неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [17]	«Взрывы, Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [17]

Таблица 6 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [5]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [5]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [5]
Технологический процесс изготовления червяка подъёмного механизма	разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Произведенный анализ выявил результаты, занесенные в таблицы 7 и 8.

Таблица 7 - Определение экологически опасных факторов объекта

Технологический процесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
Изготовление червяка подъёмного механизма	692Д 16Б16Т1С1	Стружка, пыль, токсические испарения	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Таблица 8 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	Технологический процесс изготовления червяка подъёмного механизма
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая отчистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

5.6 Требования к управлению охраной труда внутри организации

«На работодателя возлагается непосредственная ответственность и обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны здоровья работников в организации. Применение системы управления охраной труда способствует выполнению этих обязанностей». [14]

Опираясь на полученные ранее анализы исходных данных, были произведены необходимые исследования, которые дали следующие результаты: были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – шпоночно-фрезерная и токарная, выявлены риски, которые могут появиться при исполнении операций технологического процесса изготовления червяка подъёмного механизма, и опасные факторы, приведены методы и средства для их снижения, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены экологически опасные факторы и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на окружающую среду. Применяя в условиях действующего машиностроительного производства, разработанные действия помогут сократить или снизить вредные воздействия, а также повысить экологическую ситуацию на участке механической обработки червяка подъёмного механизма.

6 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являются завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления червяка подъёмного механизма.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 7).

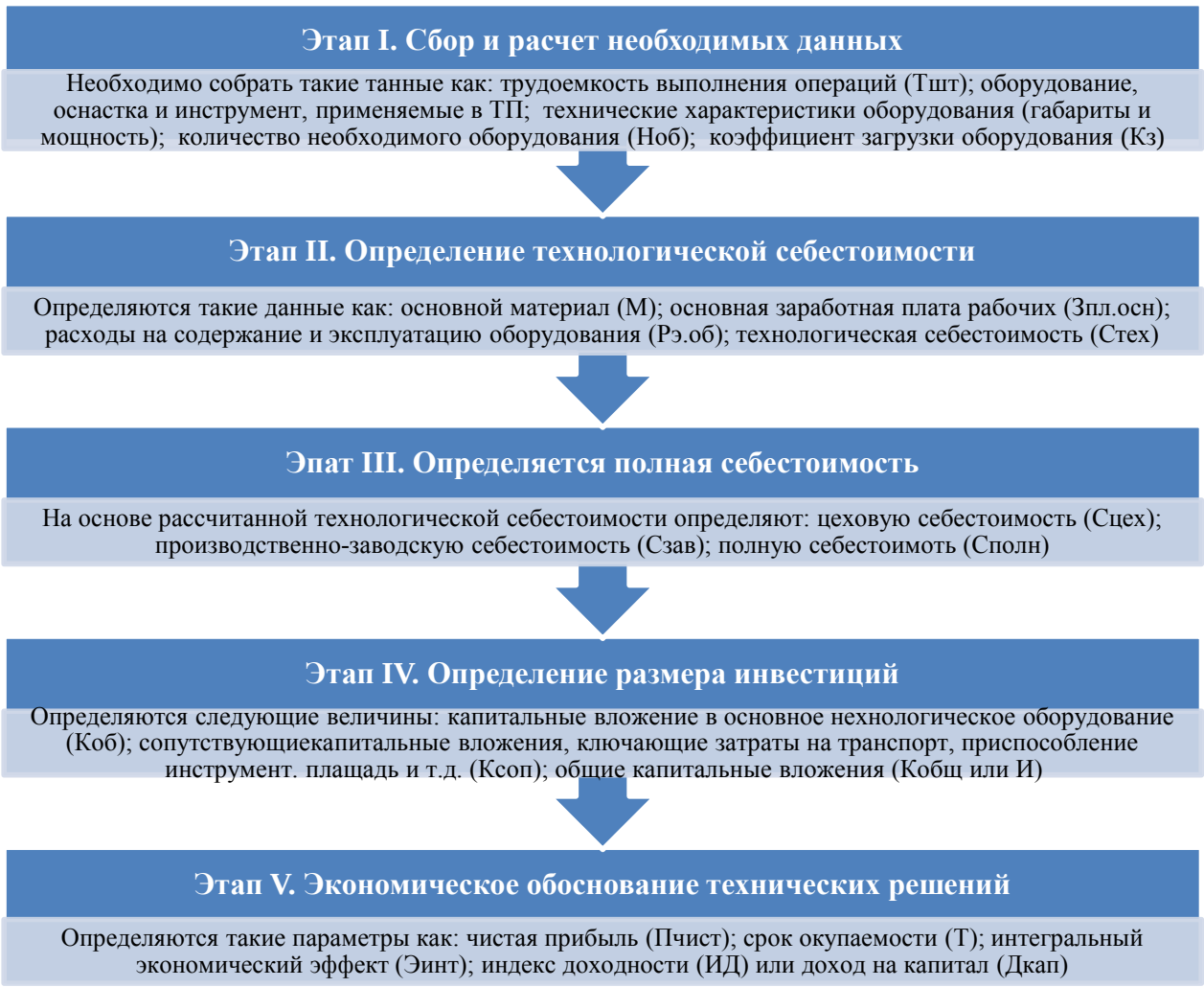

Рисунок 7 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 7, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [13].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 8.

Базовый вариант технологического процесса шпоночно-фрезерной операции 035	**Проектный вариант технологиечксого процесса шпоночно-фрезерной операции 035**
•Оборудование – шпоночно-фрезерный станок модели 692Д. •Оснастка – патрон цаноговый; тиски. •Инструмент – фреза шпоночная Р6М5 •Трудоемкость – операция 035: Тшт = 1,51 мин, То = 1,16 мин;	•Оборудование – шпоночно-фрезерный станок 692Д. •Оснастка – патрон специальный; приспособление специальное •Инструмент – фреза концевая Т15К6. •Трудоемкость – операция 035: Тшт = 1,09 мин, То = 0,84 мин;

Рисунок 8 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 8, изменениям подвергается станочное приспособление и режущий инструмент. Так как в процессе предложенного

технического решения материал и способ получения заготовки не измены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудованию.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 9.

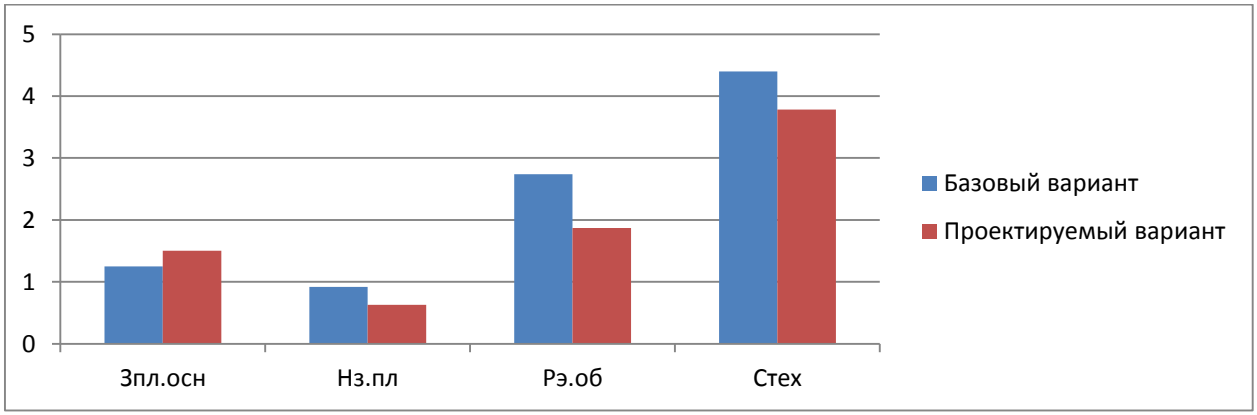

Рисунок 9 – Формирование технологической себестоимости фрезерной операции 035, руб.

Анализируя рисунок 9 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 12,87%.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 10. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

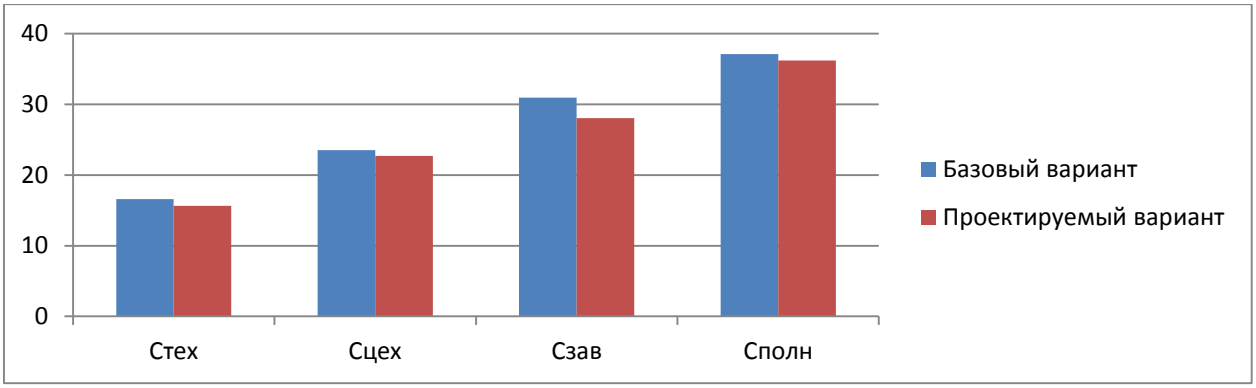

Рисунок 10 – Формирование полной себестоимости токарной операции 035, руб.

Как видно из рисунка 10, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость фрезерной операции 035 проектируемого процесса уменьшилась на 3,17 рубля, что составляет 11,79%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 11.

Как видно из рисунка 11, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ($К_{ОБ}$); доставку и монтаж оборудования ($К_{М}$); проектирование ($З_{ПР}$), инструмент ($К_{И}$), производственную площадь ($К_{Э.ПЛ}$); корректировку управляющей программы ($К_{А}$) и незавершенное

производство (*НЗП*). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (*И*) составит 684543,55 рублей.

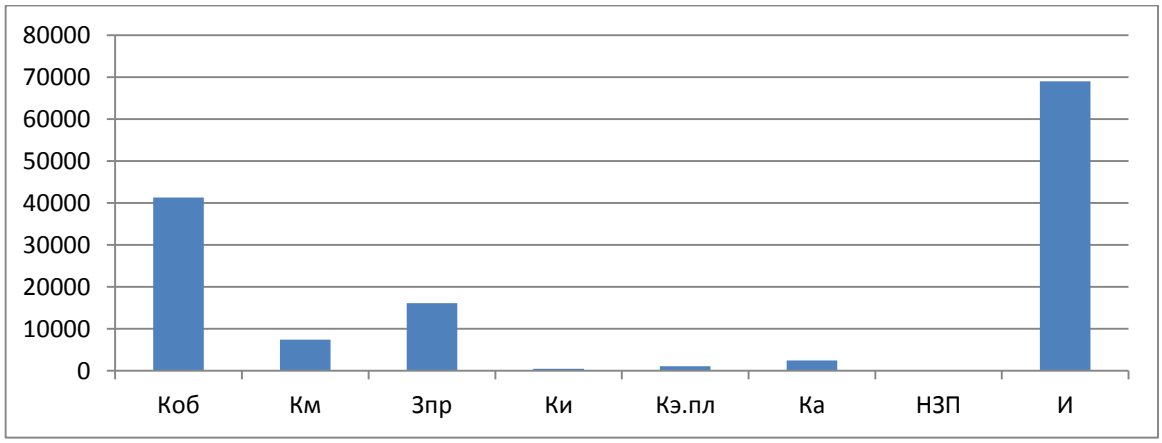

Рисунок 11 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных фрезерной операции 035, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 7 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 5204,53 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

Заключение

В результате выполнения работы нами спроектирован технологический процесс изготовления червяка подъемного механизма мостового крана. Данная деталь играет важную роль в конструкции подъемного механизма, так как служит для восприятия крутящего движения и передачи его на червячную шестерню.

В работе проанализированы возможные технологические процессы получения заготовки и в результате расчета был выбран наиболее выгодный метод получения заготовки штамповка.

Нами был проведен анализ и назначен тип организации технологического процесса – среднесерийное производство, также описаны его характерные признаки.

На одну из поверхностей червяка рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. Этот метод наиболее подробный и точный.

В работе подробно описаны две операции токарная и шпоночно-фрезерная. На эти операции разработаны технологические наладки, представленные в графической части работы, и подробно рассчитаны режимы обработки.

Для фиксации инструмента (концевой фрезы) на шпоночно-фрезерной операции нами спроектирован специальный патрон. Это приспособление осуществляет высокую точность закрепления фрезы и имеет малое биение, это необходимо выполнить в связи с высокой скоростью фрезерования шпоночного паза.

Для шпоночно-фрезерной операции технологического процесса нами спроектирована четырехзубая твердосплавная концевая фреза, имеющая износостойкое покрытие для увеличения стойкости.

Экономический расчет показал эффективность работы.

Список используемой литературы

1. Андрюшкин А.Ю. Образование и обработка отверстий в производстве летательных аппаратов : учебно-практическое пособие / А.Ю.Андрюшкин, О.О. Галинская; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб. : 2010. – 62 с.
2. Базаров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник / Б.М. Базаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 683 с.
3. Бахвалов В.А. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие. Ч. 1. Методы обработки заготовок и технологические процессы изготовления типовых деталей машин. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 449 с.
4. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
5. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
6. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. – 24 с.
7. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – 12 с.
8. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
9. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебреницкий; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2015. – 179 с.
10. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 228 с.

11. Киселев Б.Р. Повышение эффективности работы червячной передачи : Монография. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 204 с.

12. 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.

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

14. Лопанов А.Н. Управление безопасностью труда в инженерии : учебное пособие / А.Н. Липанов, О.Н. Томаровщенко. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2020. – 224 с.

15. Мальцев В.Г. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : учеб. пособие / [В.Г. Мальцев и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 134 с.

16. Мнацаканян В.У. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацаканян. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.

17. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда".

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

19. Романов П.С. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Исследование автоматизированных производственных систем. Лабораторный практикум : Учебное пособие / П.С. Романов, И.П. Романова ; под ред. П.С. Романова. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство Лань», 2019. – 192 с.

20. 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.

21. Тимирязев В.А. Основы машиностроительного производства : Учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе / Под ред. В.А. Тимирязева. – СП. : Издательство «Лань», 2021. – 448 с.

22. Ямников А.С. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / А.С. Ямников, А.А. Маликов ; под ред. А.С. Ямникова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 252 с.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Р	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
01			мм			мм/об	об/мин	м/мин
О 02	1. Установить и снять заготовку							
Т 03	396110.XXXX Патрон поводковый; XXXXXX.XXXX Центр упорный.							
О 04	Точить поверхность 21, выдерживая размер $\varnothing 35{,}1^{+0{,}350}_{-0{,}050}$; выполнить фаску 1х45; поверхность 19, выдерживая размер 300±0,65;							
О 05	точить поверхность 18, выдерживая размер $\varnothing 42_{-0{,}62}$; точить поверхность 17, выдерживая размеры $\varnothing 36_{-0{,}62}$, R2;							
О 06	точить поверхность 16, выдерживая размер $20^{0}\pm 1$; поверхность 15, выдерживая размер $\varnothing 60_{-0{,}074}$.							
Р 07		1	60	100	0,3	1	0,3	800	151
О 08	Точить поверхность 17, выдерживая размеры $\varnothing 36_{-0{,}62}$, R2.							
Р 09		1	36	100	0,3	1	0,3	1250	165
О 10	Точить поверхность 20, выдерживая размеры 3±0,25, 45^{0}, R1, R0,5.							
Р 11		1	34	100	0,75	1	0,3	800	88
Т 12	392104.XXXX Резец контурный правый Т15К6; 392104.XXXX Резец контурный левый Т15К6; 392104.XXXX Резец фасонный Р6М5							
ОК								

Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Сталь 38ХНФМА		166	30	Ø60х320	5,53	1
Обозначение программы	Tо	Tб	Tпз	Tшт	СОЖ	
–	0,77	0,50	10	1,27	5% Укринол	

Наименование операции: Токарная чистовая с ЧПУ

Оборудование, устройство ЧПУ: Токарный с ЧПУ 16Б611С1

Дубл. | Взам. | Подп.

Разраб. Федюшов | Проверил Логинов | Н.контр.

Кафедра ОТМП

Червяк

Цех | Уч. | Р.М. | Опер. 020

Листов 1 | Лист

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																		Листов 1	Лист
Разраб	Фелюшов																		
Проверил	Логинов			Кафедра ОТМП															
																		Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Н.контр.					Червяк														
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД						
Шпоночно-фрезерная				Сталь 38ХН3ФМА				166	310	Ø160х320		5,53	1						
Оборудование, устройство, ЧПУ				Обозначение программы		То		Тб	Тпз	Тшт	СОЖ								
Шпоночно-фрезерный 692Д				–		0,33		0,50	10	0,83	5% Укринол								
Р				ПИ		D или B		L	t	i	S	n	V						
01									мм		мм/об	об/мин	м/мин						
О 02	1. Установить и снять заготовку																		
Т 03	396110.XXXX Патрон специальный; XXXXXX.XXXX Тиски гидрозажимные.																		
О 04	Фрезеровать шпоночный паз (поверхности 23, 24, 25), выдерживая размер $8P9(^{-0,015}_{-0,051})$, $26_{-0,2}$, $R4^{+0,3}$, $5\pm0,15$, $45\pm0,31$.																		
О 05				1		8		100	4,0	1	0,2	1600	37,7						
О 06	XXXXXX.XXXX Фреза концевая Т5К10; XXXXXX.XXXX Калибр-пробка.																		
Р 07																			
О 08																			
Р 09																			
О 10																			
Р 11																			
Т 12																			
ОК																			