

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 привода вертикально-фрезерного
станка

Обучающийся

К.П. Абрамов

(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. Сярова

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

И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления червяка привода вертикально-фрезерного станка.

Автор: Абрамов Кирилл Павлович.

В бакалаврской работе рассмотрен вопрос изготовления червяка привода вертикально-сверлильного станка, в частности, спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описан вертикально-сверлильный станок, в состав которого входит деталь – червяк, проанализирована конструкция детали и выполнен вывод о довольно высокой технологичности конструкции, также проведен анализ материала, из которого изготавливается деталь.

После этого из материалов, полученных на преддипломной практике, выполнен выбор типа машиностроительного производства, а также описаны характеристики выбранного типа производства деталей. Исходя из конструкции детали и типа машиностроительного производства, проведен технико-экономический расчет наиболее выгодного метода получения заготовки, а также выбраны методы обработки каждой поверхности детали.

В работе проведен расчеты припусков на самую ответственную поверхность, а также рассчитаны режимы резания на те операции, которые были модернизированы, в отличие от базового технологического процесса.

На одну технологическую операцию спроектировано станочное приспособление, которое уменьшает вспомогательное время операции, связанное с загрузкой и выгрузкой заготовки на станке.

В работе спроектирован режущий инструмент, применяемый в разработанном технологическом процессе.

Также работа содержит разделы по анализу безопасности и экологичности технического объекта и по экономическому расчету.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	6
1.3 Классификация поверхностей детали.....	6
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	13
2.5 Расчёт припусков.....	15
2.6 Расчет режимов резания.....	18
3 Проектирование станочного приспособления.....	23
3.1 Общие сведения.....	23
3.2 Исходные данные.....	24
3.3 Расчет сил резания.....	25
3.4 Расчет погрешности базирования.....	26
4 Проектирование режущего инструмента.....	28
4.1 Общие сведения.....	28
4.2 Проектирование концевой фрезы.....	28
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	31
6 Экономическая эффективность работы.....	36
Заключение.....	41
Список используемой литературы.....	42
Приложение А Технологическая документация.....	45

Введение

В настоящее время станкостроение Российской Федерации находится в далеко не лучшей ситуации. В результате разрушения СССР в 1991 году, где станкостроению уделялось довольно большое внимание со стороны правительства, машиностроительные предприятия стали широко закупать и использовать импортное станочное оборудование. Это привело к деградации отечественного станкостроения. Таким образом, многие станкостроительные заводы разорились и закрыли производства.

На данный момент остались несколько заводов по изготовлению металлорежущих станков, которые хоть как-то функционируют. Сегодня правительство России поставило предприятия оборонно-промышленного комплекса в такие рамки, что эти предприятия должны использовать на 75% отечественное оборудование. Это подстегнуло отечественное станкостроение и у них появляются большие заказы, но мощности за долгие годы были во многом утрачены, поэтому сегодня вопрос развития станкостроения в России стоит очень остро.

Вертикально-фрезерные станки являются очень распространенным типом металлорежущих станков. Они имеют вертикальную ось вращения шпинделя, поэтому на них используется такой режущий инструмент, как концевые и торцовые фрезы. Большинство таких станков изготавливается с наличием консоли, то есть стол, на котором закрепляется заготовка, имеет возможность перемещаться в вертикальном направлении.

Деталь «червяк» очень распространена в приводах подач станков, так как червячная передача очень удобна в том случае, когда необходимо резко снизить частоту вращения валов.

Целью данной выпускной работы является проектирование технологического процесса изготовления детали червяк вертикально-фрезерного станка заданного качества с минимальными затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Червячную передачу применяют для передачи вращательного движения между скрещающимися валами. Угол зацепления может быть произвольным, чаще всего его принимают 90° , такую передачу называют ортогональной. Червячная передача (рисунок 1) состоит из червяка 1 (как правило – ведущий) и червячного колеса 2. Различают цилиндрическую червячную передачу и глобоидную. Цилиндрическая червячная передача – это такая, у червяка и колеса которой делительные и начальные поверхности цилиндрические». [21]

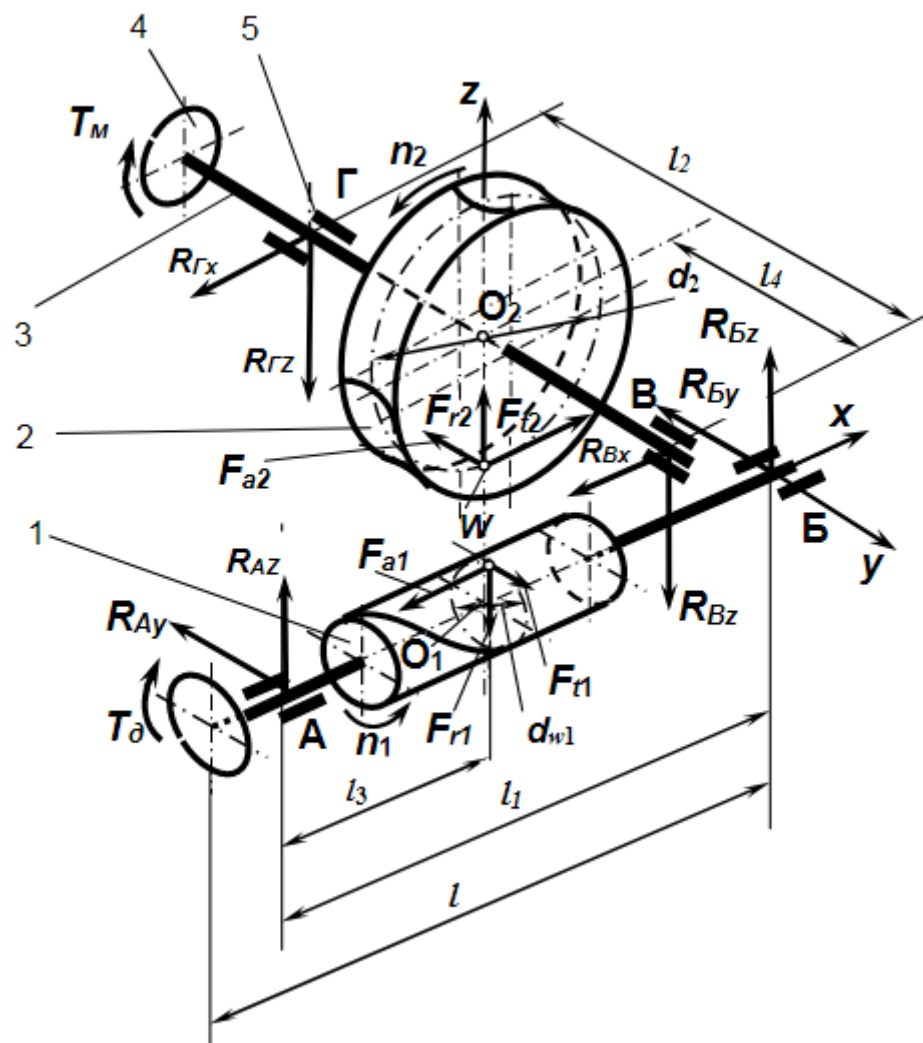


Рисунок 1 – Червячная пара

«Червяк по существу представляет собой однозаходный или многозаходный винт, а червячное колесо – цилиндрическое косозубое колесо, нарезанное инструментом, который является практически копией червяка. Отличия состоят в диаметре вершин и толщине зуба. Направление линии витка червяка может быть правым и левым. Например, червяки редукторов (за исключением случаев, обусловленных кинематикой привода) имеют правую нарезку». [21]

«К особенностям червячной передачи относится высокая скорость скольжения витка червяка относительно зуба червячного колеса, из-за чего передача имеет пониженный коэффициент полезного действия (КПД). При работе передачи выделяется тепло, которое иногда необходимо отводить путем искусственного охлаждения или проектировать передачу больших размеров, чем требуется из условий прочности». [21]

1.2 Назначение и условия работы детали

Червяк предназначен для восприятия вращательного момента от привода коробки подач вертикально-фрезерного станка и передачи этого момента червячному колесу. Данная передача сильно снижает частоту вращения. Передаточное отношение данной передачи составляет $i = \frac{1}{30}$. Червяк имеет два витка, а червячное колесо имеет число зубьев $z = 60$.

1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали и представим это на рисунке 2.

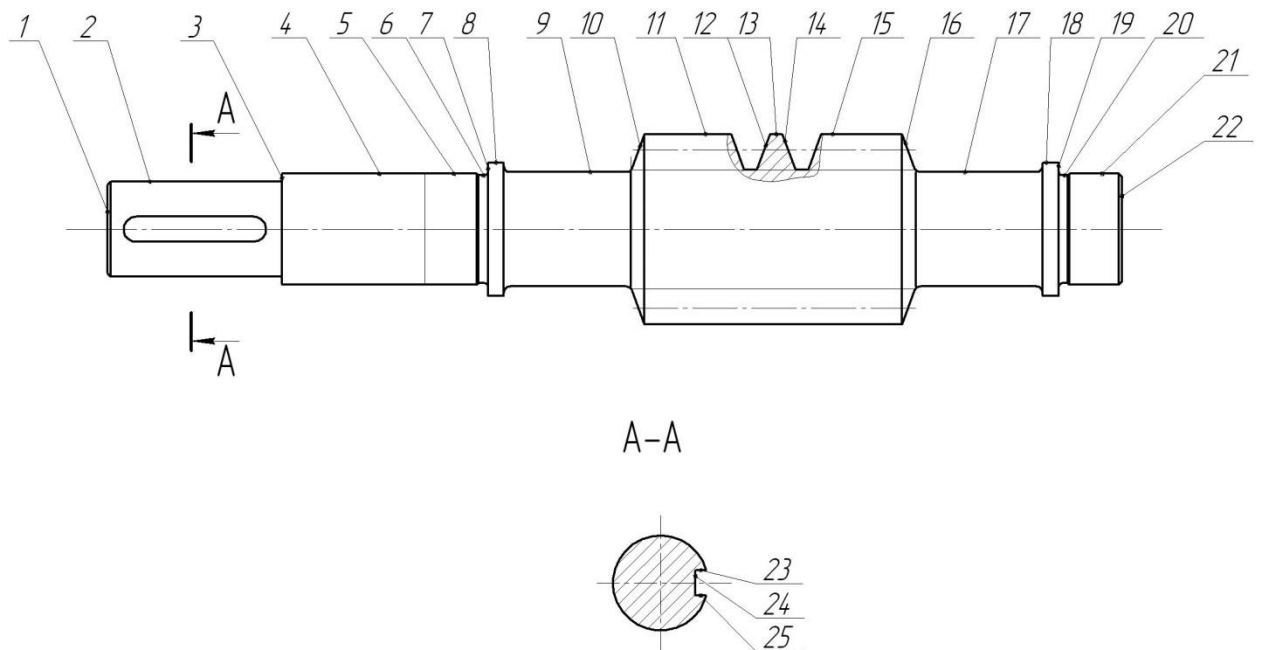


Рисунок 2 - Нумерация поверхностей

Исполнительными поверхностями являются боковые поверхности резьбы червяка 12, 14, а также боковые поверхности шпоночного паза червяка 23, 25.

Основными конструкторскими базами являются цилиндрические поверхности 5, 21, а также торцовая поверхность 20.

Вспомогательными конструкторскими базами являются Торцовая поверхность 19, а также плоская поверхность 24.

Остальные поверхности – свободные.

1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Вал-шестерня выполнена из конструкционной стали 45 ГОСТ 1050-2013 [4], которая содержит кроме железа (Fe) и примесей около 0,45% углерода (C).

Физико-механические свойства стали 45 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Свойства стали 45

НВ	σ_B	σ_T
не более	МПа	МПа
179	470	245

«Конструкционные стали представляют собой сплавы, которые применяются для изготовления различных конструкций, деталей и механизмов, используемых в производстве станков, машин, всевозможного оборудования, а также при строительстве объектов. Свойства сталей обусловлены составом сплавов, в которых нередко содержатся вредные примеси. Самыми опасными из химических элементов, влияющих на прочностные характеристики конструкционных сталей, являются сера и фосфор, которые придают сплавам хрупкость и ломкость. По химическому составу конструкционные стали делят на углеродистые и легированные». [18]

«Качественные углеродистые стали выплавляются в электропечах, кислородных конвертерах и мартеновских печах. По содержанию углерода качественные углеродистые стали подразделяются на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,3...0,5% С) и высокоуглеродистые (до 0,65% С). Качественные углеродистые стали поставляются в виде проката, поковок, профилей различного назначения с гарантированным химическим составом и механическими свойствами и используются в машиностроении для изготовления деталей чаще неответственного назначения. Качественные углеродистые стали маркируют двухзначными цифрами 05, 08, 10, 15, ..., 60, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Низкоуглеродистые стали могут выплавляться как кипящие, полуспокойные и спокойные. В первых двух случаях в марках предусматривается буквенное обозначение «кп» или «пс». При отсутствии обозначений по умолчанию предполагается, что сталь выплавлена как спокойная». [18]

«Среднеуглеродистые стали (0,3...0,5% С), в том числе с повышенным содержанием марганца (30Г, 40Г, 50Г) термоулучшаемые, упрочняются

закалкой с высоким отпуском или нормализацией с высоким отпуском. Стали 45, 50 используются после закалки ТВЧ (с низким отпуском). При одинаковом временном сопротивлении нормализованной или термоулучшенной стали предел текучести и относительное удлинение у последней выше за счет более дисперсной структуры – сорбита отпуска. Причем у стали с такой структурой будут выше ударная вязкость и хладостойкость. В крупногабаритных деталях механические свойства снижаются из-за низкой прокаливаемости». [18]

В качестве заготовительной операции, исходя из формы, конструкции и материала червяка, целесообразно выбрать штамповку на горячекатанном штамповочном прессе или круглый прокат.

Конструкция червяка предусматривает канавки для выхода резца при точении и шлифовального круга при шлифовании – это поверхности 6 и 20. Также конструкция червяка имеет центровые отверстия для формирования технологического процесса обработки заготовки преимущественно в центрах.

Таким образом, по наибольшему количеству показателей конструкция вала-шестерни является технологичной.

Далее перейдем к технологической части выпускной работы, где выполним проектирование технологического процесса изготовления червяка привода вертикально-фрезерного станка.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Одним из основных принципов построения технологических процессов является принцип совмещения технических, экономических и организационных задач, решаемых в данных производственных условиях. Проектируемый технологический процесс должен обеспечить выполнение всех требований к точности и качеству изделия, предусмотренных чертежом, при наименьших затратах труда и минимальной себестоимости в установленные сроки. Наименьшие затраты на изготовление изделий могут быть достигнуты в случае построения технологического процесса в соответствии с типом данного производства. Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий. В соответствии с ГОСТ 14.004-83 [6], современное производство подразделяется на три типа: единичное, серийное и массовое. Следует отметить, что на одном предприятии и цехе можно встретить сочетание различных типов производства». [20]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 3,0$ кг и годовая программа $N = 5000$ деталей. Исходя из этих параметров [20], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В серийном производстве выпускаются изделия ограниченной номенклатуры, изготавливаемые периодически повторяющимися партиями со сравнительно большим объемом выпуска. На рабочих местах выполняются несколько периодически повторяющихся операций. Технологические

особенности серийного производства изменяются в зависимости от номенклатуры, трудоемкости, количества изделий в партии деталей». [20]

«Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Примерно 75...80% всей продукции машиностроения страны изготавливается на заводах серийного производства. Примером серийного производства являются предприятия изготавливающие станки, прессы, деревообрабатывающее оборудование, текстильные машины, насосы, вентиляторы и т.д. В серийном производстве заготовки обрабатываются партиями». [20]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Детали в механообрабатывающем производстве получают из заготовок. Заготовка – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь. На заготовительных операциях заготовку приводят к форме и состоянию более удобным для дальнейшей обработки механической, термической, гальванической или другим видом обработки, связанной с получением готовой детали, экономичности изготовления. При выборе заготовки необходимо стремиться к выбору такой конструкции формы заготовки, которая бы максимально приближалась к форме и свойствам готовой детали». [11]

Проведем сравнительный расчет двух методов получения заготовки – это штамповка и прокат.

При штамповке масса заготовки будет равна $m = 5,53$ кг, а при прокате $m = 9,81$ кг.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

где $Q_{\text{ум}} = 5,53; q = 3,0$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. [16]$$

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 5,53 + 0,6578(5,53 - 3,0) - (5,53 - 3,0)0,0144 = 3,13 \text{ руб.}$$

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

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

где $Q_{\text{пр}} = 9,81; q = 3,0$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. [12]$$

$$C_{\text{ми}} = 0,1219 \cdot 9,81 + 0,6578(9,81 - 3,0) - 0,0144(9,81 - 3,0) = 5,58 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = M_d / M_3 \cdot \quad (5)$$

$$K_{им} = 3,0 / 5,53 = 0,54 \cdot$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Перед разработкой маршрута обработки детали намечают (или уточняют) технологические операции (без подробной проработки их содержания). Предварительно объединяют те переходы на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке. Во время обработки тяжелых заготовок следует сокращать число их перестановок со станка на станок, что также сказывается на содержании операций. При составлении маршрута обработки заготовки по отдельным операциям устанавливают также тип станков и другого технологического оборудования, их характеристики, размеры. Модели уточняют и корректируют при детальной проработке технологических операций. Разрабатывая технологический маршрут, ориентируются на типовые технологические процессы обработки деталей данного типа». [15]

В результате анализа формы поверхностей 1, 22, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: центровально-подрезная обработка.

В результате анализа формы поверхности 2, ее точности (IT 8) и шероховатости (Ra 2,5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхностей 3, 6, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 20 их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхности 4, ее точности (IT 9) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхностей 5, 21, их точности (IT 6) и шероховатости (Ra 0,32) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка, черновое и чистовое шлифование, а также полирование.

В результате анализа формы поверхностей 7, 19, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхности 11, ее точности (IT 9) и шероховатости (Ra 2,5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхностей 12, 15, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхностей 13, 14, их точности (IT 7) и шероховатости (Ra 0,63) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерная черновая и чистовая обработка, черновое и чистовое шлифование.

В результате анализа формы поверхностей 23, 25, их точности (IT 9) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерная обработка.

В результате анализа формы поверхности 24, ее точности (IT 11) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерная обработка.

2.5 Расчет припусков

«Припуск есть слой металла, снимаемый с поверхности детали для обеспечения заданного качества. Величина снимаемого припуска должна быть оптимальной, обеспечивающей заданное качество при минимальном расходе материала и времени на обработку. Увеличенные припуски приводят к удалению наиболее изнаноустойчивых поверхностных слоев детали. Кроме того, увеличение припусков снижает экономические показатели технологического процесса, так как ведет к увеличению времени обработки. Малые припуски на обработку не обеспечивают возможности удаления дефектных поверхностных слоев металла, повышают требования к точности заготовок». [20]

«Существует два метода определения припусков: опытно-статистический и расчетно-аналитический. Следствием первого метода является разработка таблиц для определения общих и операционных припусков. Таблицы составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых и некоторые из них стандартизированы. Этот метод неточный. В связи с этим возникла необходимость разработки научно обоснованного метода определения припусков. Расчетно-аналитический метод основан на учете конкретных условий выполнения технологического процесса обработки путем анализа и выявления факторов, влияющих на величину припуска». [20]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 29, параметрами которой $\varnothing 35k6^{(+0,018}_{+0,002})$, $L = 16,5$ мм, $Ra = 0,32$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [3] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225.$$

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

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

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

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

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008.$$

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

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. [3] \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). [3] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,225^2 + 0,025^2} = 0,626.$$

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

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

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,040.$$

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{(\Delta_4)^2 + \varepsilon_5^2} = 0,01 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,018.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,626 + 0,5(0,900 + 0,250) = 1,201.$$

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

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

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,072.$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5(Td_4 + Td_5) = 0,018 + 0,5(0,025 + 0,016) = 0,039.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{5\min} = 35,002.$$

$$d_{5\max} = 35,018.$$

$$d_{4\min} = d_{5\max} + 2 \cdot Z_{5\min} = 35,018 + 2 \cdot 0,018 = 35,054.$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_5 = 35,054 + 0,016 = 35,070.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 35,070 + 2 \cdot 0,040 = 35,150.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 35,150 + 0,025 = 35,175.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 35,175 + 2 \cdot 0,125 = 35,425.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 35,425 + 0,100 = 35,525.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 35,525 \cdot 0,999 = 35,489.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 35,489 + 0,062 = 35,551.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 35,551 + 2 \cdot 0,263 = 36,077.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,077 + 0,250 = 36,327.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 36,327 + 2 \cdot 0,626 = 36,953.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 36,953 + 0,900 = 37,853.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(37,853 + 36,953) = 37,403.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(36,327 + 36,077) = 36,202.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(35,551 + 35,489) = 35,520.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(35,525 + 35,425) = 35,475.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(35,175 + 35,150) = 35,163.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(35,070 + 35,054) = 35,062.$$

$$d_{cp5} = 0,5(d_{5\max} + d_{5\min}) = 0,5(35,018 + 35,002) = 35,010.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad (9)$$

$$2Z_{\min} = 36,953 - 35,018 = 1,935.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 1,935 + 0,900 + 0,0163 = 2,851.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(1,935 + 2,851) = 2,393.$$

2.6 Расчет режимов резания

«Элементы режима резания обосновываются для каждого технологического перехода (операции), исходя из свойств материала заготовки и вида перехода (операции) – черновой, получистовой, чистовой и т. п. При обработке заготовки резанием вначале выбирается материал режущей части инструмента на основе литературных источников и научно-производственного опыта. Затем подбираются смазочно-охлаждающие средства и методы подвода их в зону резания, далее – стандартная конструкция режущего инструмента. Глубина резания, число проходов, подача экономическая стойкость инструмента, оптимальная скорость резания могут быть определены по эмпирическим зависимостям, представленным в литературе». [16]

2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 020.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,3$. [17]

Подача $S = 0,3$. [17]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (12)$$

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 180$. [17]

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 60} = 955 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (14)$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 800}{1000} = 151 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (15)$$

$$S = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (16)$$

$$T_0 = \frac{172}{240} = 0,72 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,75$. [17]

Подача $S = 0,3$. [17]

Скорость резания

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 42} = 1365, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 1250}{1000} = 165, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1250 = 375, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{15}{375} = 0,04, \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 0,3$. [17]

Подача $S = 0,3$. [17]

Скорость резания

$$V = 180 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 35} = 819, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 800}{1000} = 88, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1}{240} = 0,01, \text{ мин.}$$

Общее основное время

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,72 + 0,04 + 0,01 = 0,77, \text{ мин.}$$

2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 030.

Глубина резания $t = 4,0$. [17]

Подача на зуб $S_z = 0,025$. [17]

Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (17)$$

где $z = 4$ – число зубьев инструмента.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (18)$$

где $D = 8$; $C_V = 7$; $K_V = 0,5$; $q = 0,4$; $x = 0$; $y = 0,7$; $m = 2$; $T = 30$. [17]

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (19)$$

где $K_{MV} = 1,0$; $K_{UV} = 1,0$; $K_{LV} = 1,0$. [17]

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

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 40,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения определяем по формуле $n = \frac{1000V}{\pi D}$.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 8} = 1648, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1500}{1000} = 37,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1500 = 150, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{омв} \cdot L_{рх}}{S}, \quad (20)$$

где $n_{омв} = 1; L_{рх} = 50$.

$$T_0 = \frac{1 \cdot 50}{150} = 0,33 \text{ мин.}$$

Мы определили режимы резания на проектируемые операции технологического процесса изготовления вала-шестерни вертикально-фрезерного станка. Вносим рассчитанные данные в проектируемые чертежи технологических наладок и технологическую документацию, представленную в приложении А таблица А.1.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Общие сведения

«На фрезерных станках в зависимости от масштаба и количества деталей применяют различные универсальные и специальные приспособления. В условиях единичного и серийного производства используют пневматические и гидравлические зажимные устройства с приставными унифицированными приводами, когда силовой агрегат используется в качестве универсального привода, от которого могут работать различные приспособления. Используют также приспособления с ручным зажимом. Быстродействующие зажимные устройства сокращают вспомогательное время на установку и закрепление обрабатываемых деталей». [20]

«Ориентация заготовки в приспособлении может быть полной и неполной. При полной ориентации заготовке придается определенное единственно возможное положение в приспособлении. При частичной ориентации не всегда требуется точная установка заготовки или даже допускается ее произвольное положение (например, поворот) относительно какой-либо оси. При приложении силы или пары сил к заготовке обеспечивается постоянство ее положения, достигнутое при базировании поверхностями (или сочетание поверхностей) в виде оси, точки, плоскости и т.п.». [14]

«Для полной ориентации заготовки в приспособлении число и расположение опор должно быть таким, чтобы соблюдалось условие неотрывности баз заготовки от приспособления, т.е. не должно быть сдвига или вращения заготовки относительно трех координат осей. В этом случае заготовка лишается всех степеней свободы и положение ее баз в пространстве является вполне определенным. Число опор (точек), на которые устанавливают заготовку, должно быть равно шести». [14]

«При неполной ориентации (например, базирование гладкого вала перед операцией фрезерования шпоночного паза) заготовка базируется на четыре точки (установка в призму) с упором ее торцевой плоскостью в пятую (рисунок 3)». [14]

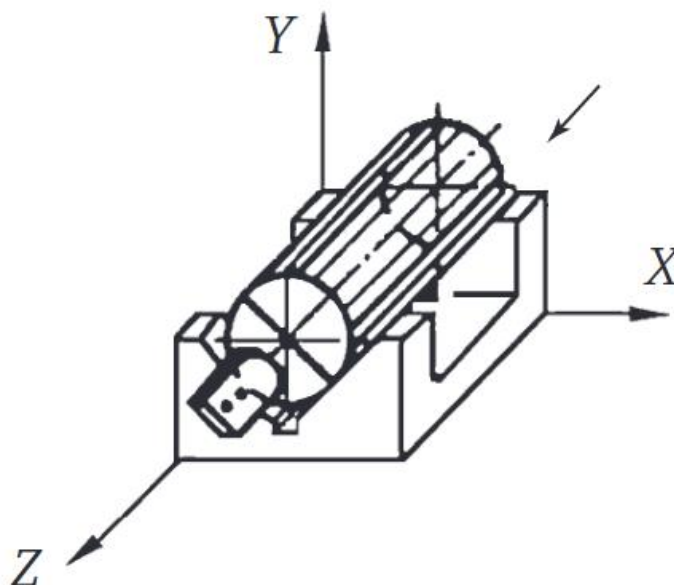


Рисунок 3 – Установка вала в призмы

«При такой схеме установки угловое положение заготовки относительно оси вала фиксируется при зажиме. В ряде случаев (фрезерование паза вдоль образующей) угловая координация заготовки не нужна, вследствие чего надобность в шестой точке отпадает». [14]

3.2 Исходные данные

В этом разделе нам необходимо спроектировать автоматизированное станочное приспособление для обработки шпоночного паза. Диаметр шейки вала для обработки $D = 40$ мм. Эскиз шпоночного паза представлен на рисунке 3.

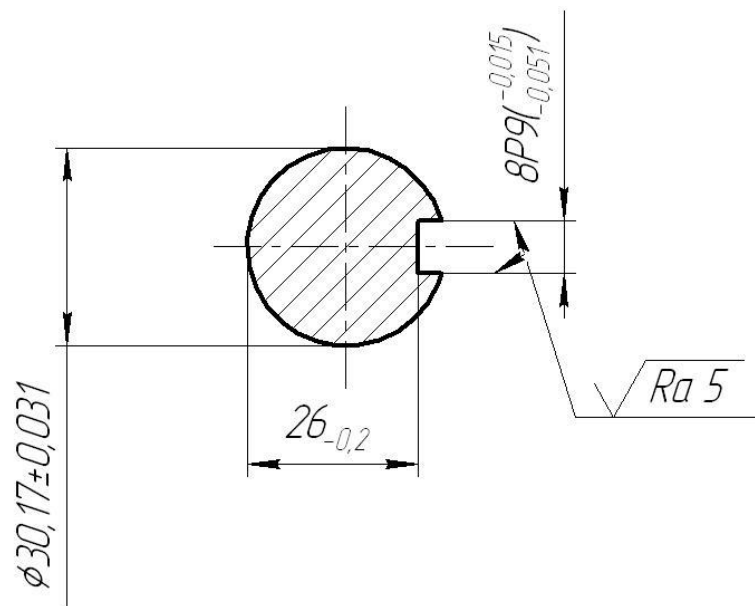


Рисунок 3 - Эскиз шпоночного паза

Схема шпоночно-фрезерной операции представлена на рисунке 4.

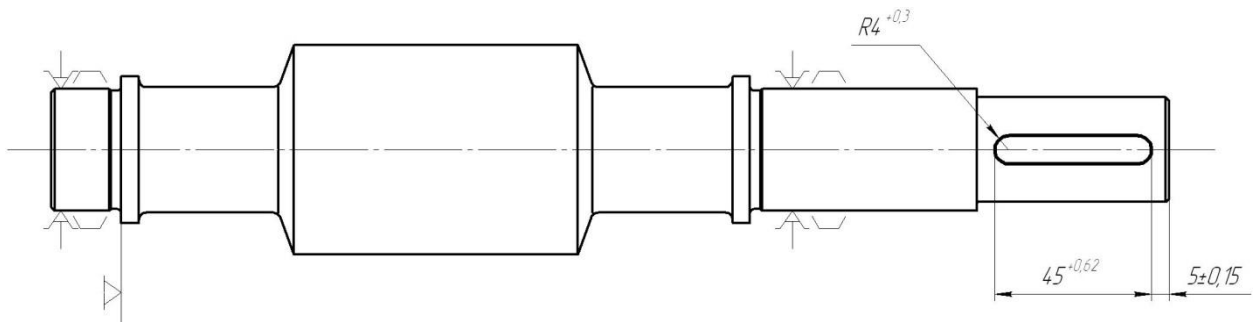


Рисунок 4 - Схема закрепления

3.3 Расчет сил резания

Определим окружную силу резания

$$P_x = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (21)$$

где $t = 4$; $C_p = 68$; $S = 0,05$; $D = 8$; $B = 8$; $x = 0,86$; $y = 0,74$; $q_p = -0,86$. [14]

$$P_x = 68 \cdot 4^{0.86} \cdot 0,05^{0.74} \cdot 8^1 \cdot 8^{-0.86} = 32,7 \text{ Н.}$$

Определим врезную силу резания

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

где $t = 4; C_p = 68; S = 0,025; D = 8; B = 8; x = 0,86; y = 0,74; q_p = -0,86$. [14]

$$P_z = 68 \cdot 4^{0.86} \cdot 0,025^{0.74} \cdot 8^1 \cdot 8^{-0.86} = 32,7, \text{ Н}$$

Найдем сумму сил резания

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

$$P = \sqrt{32,7^2 + 32,7^2} = 46,2, \text{ Н.}$$

3.4 Расчет погрешности базирования

При обработке валов в призмах измерительными базами для размера h могут являться следующие поверхности, представленные на рисунке 5.

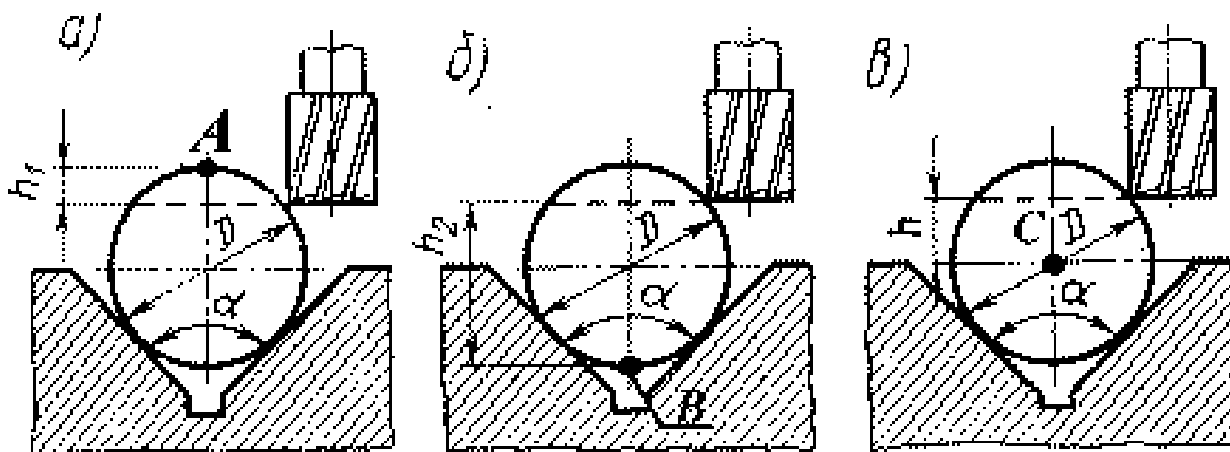


Рисунок 5 - Измерительные базы

В нашем случае угол призмы равен 90 градусов. Это относится ко второй схеме измерения. Следовательно, погрешность базирования рассчитывается так

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_{\text{Д}} \frac{\left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)}{2}. \quad (24)$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,62 \cdot \frac{\left(\frac{1}{\sin 45^{\circ}} - 1 \right)}{2} = 0,013 \text{ мм.}$$

«В сравнении с поршневыми приводами мембранные пневмодвигатели имеют ряд преимуществ: у камер одностороннего действия отсутствуют какие-либо уплотнения, у двигателей двустороннего требуются уплотнения только штока; компактность и небольшой вес, технологичность в изготовлении; мембраны долговечны (выдерживают до 600 000 включений), тогда как манжеты цилиндров выходят из строя примерно через 10 000 включений». [2]

При установке данного приспособления на шпоночно-фрезерный станок необходимо выполнить следующие требования: расстояние между инструментом и заготовкой необходимо сделать как можно меньше, это сократит холостой ход инструмента; органы управления станочным приспособлением не должны мешать фрезеровщику; никакие части приспособления не должны выступать за габариты рабочего пространства стола станка.

Спроектированное автоматизированное станочное приспособление для базирования деталей типа «вал» для фрезерования шпоночного паза представлено в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«При проектировании технологического маршрута операция фрезерования шпоночного паза располагается после обтачивания шейки перед ее шлифованием, так как вследствие удаления части материала посадочное место вала иногда деформируется. В зависимости от конфигурации паза и вида применяемого инструмента шпоночные пазы изготавливаются различными способами; они выполняются на горизонтально-фрезерных станках и вертикально-фрезерных станках общего назначения или специальных». [23]

«Фрезерование концевой фрезой за один рабочий ход производится следующим образом: вначале фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину паза, а потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину. Для этого требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение. Вследствие того, что фреза работает в основном своими боковыми режущими кромками, диаметр которой после заточки несколько уменьшается, то в зависимости от числа переточек фреза дает неточный размер паза по ширине. Для получения по ширине точных пазов применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с маятниковой подачей, работающие концевыми фрезами, имеющие торцовые режущие кромки». [23]

4.2 Проектирование концевой фрезы

Материалом заготовки является сталь 45 ($\sigma_s = 180$ МПа).

В качестве инструментального материала примем твердый сплав Т5К10. Этот материал трехкомпонентный, в котором 5% карбида титана, 10% кобальта, а оставшуюся часть составляют карбиды вольфрама.

Ширина шпоночного паза равна 8 мм, поэтому принимаем диаметр фрезы $d = 8$.

Длина фрезы

$$L = l_1 + l_2 + l, \quad (25)$$

где l_1, l_2 - длины режущей и хвостовой части фрезы соответственно;

l - длина шейки.

Длина режущей части

$$l_1 = 4 \cdot d. \quad (26)$$

$$l_1 = 4 \cdot 8 = 32 \text{ мм.}$$

Определим длину шейки

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right). \quad (27)$$

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{8} \right) \approx 12 \text{ мм.}$$

$$L = 32 + 12 + 60 = 112 \text{ мм.}$$

Определим количество зубьев фрезы

$$z = (0,1 \dots 1,3)d. \quad (28)$$

$$z = (0,1 \dots 1,3)8 = 1 \dots 12.$$

Примем $z = 4$.

«Замена радиусной формы заточки на параболическую позволяет при фрезеровании увеличить допустимую подачу на зуб практически в 2 раза, так как толщина среза на торце практически не увеличивается. Если увеличение подачи ограничивается высотой микронеровностей, то нагрузка на торцовые режущие кромки снижается, что способствует повышению технологической надежности фрез. При этом следует иметь в виду, что если требования к радиусу не критичны, то данную форму заточки можно рекомендовать и для фрез для чистовой обработки. Искажения формы сопряжения торцевой и цилиндрической рабочих частей фрез не вызывают концентрации напряжений так, как это эквивалентно увеличению радиуса, но при этом может иметь место некоторое увеличение массы деталей. Если увеличение массы критично, что характерно для крупногабаритных деталей, то данная форма приемлема только для черновых фрез с последующей доработкой чистовыми инструментами». [1]

Спроектированная концевая фреза представлена в графической части настоящей работы. Особенностью этой фрезы является то, что она изготовлена из твердого сплава Т5К10. Стойкость этой фрезы в отличие от базового варианта, где инструментальным материалом была быстрорежущая сталь Р6М5, будет выше приблизительно в 2 раза, что отразится на вспомогательном времени операции.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе рассматриваемым объектом является производственный участок по изготовлению червяка вертикально-фрезерного станка.

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: центральное-подрезной станок 2А911-1, четыре токарных станка с ЧПУ модели SAMAT-400ХС, шпоночно-фрезерный станок 692Д, два резьбофрезерных станка КУ-240, центрошлифовальный станок 3922, четыре круглошлифовальных станка с ЧПУ модели ЗМ153Ф2, резьбошлифовальный станок 5887 и два шлифовально-полировальных станка ЗЕ881.

В базовом технологическом процессе изменилась одна операция 030 шпоночно-фрезерная, поэтому в данном разделе будем рассматривать только эту операцию, где необходимо оценить опасные и вредные производственные факторы.

«Безопасность условий на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ. При этом учитываются источники механических травм; определяется возможность получения электротравм; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта и так далее». [22]

«Опасным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья». [22]

«Вредным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности». [22]

При шпоночно-фрезерной обработке станочник-фрезеровщик выполняет обработку заготовки. При этом образовывается металлическая стружка. Здесь возникает опасный производственный фактор – это повреждение кожного покрова станочника появляющейся стружкой. Чтобы этого не произошло, имеются специальные инструменты (крючки, щетки), которыми фрезеровщик шпоночно-фрезерного станка удаляет металлическую стружку по окончании обработки нескольких заготовок из зоны обработки шпоночно-фрезерного станка 692Д (рисунок 6).



Рисунок 6 – Шпоночно-фрезерный станок 692Д

Фрезеровщик собирает удаленную из зоны резания стружку в специальном контейнере. Далее этот контейнер отправляется на специальное предприятие, где стружка сдается на утилизацию.

Еще одним опасным производственным фактором на шпоночно-фрезерной операции является попадание стружки в глаз фрезеровщика. В связи с этим станочник-фрезеровщик при работе должен находиться на рабочем месте в специальных защитных очках по ГОСТ 12.4.013-97 [5]. При включенном станке рабочий должен надеть защитные очки, тогда случайного попадания в глаз стружки не произойдет.

Вредным производственным фактором при шпоночно-фрезерной обработке является то, что, применяя смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), возникают их пары, которые загрязняют воздушное пространство возле станка. Для минимизации этого фактора необходимо установить рабочее место оператора станка должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам СНиП 41-01-2003 [19].

«Электротравмы подразделяют на электрические удары и травмы. В первом случае поражается весь организм и особенно его внутренние органы. Во втором случае происходит местное поражение кожи, мышц и других частей тела. В настоящее время установлено, что более уязвимым органом при прохождении тока через тело человека является сердце. При малых значениях тока может возникнуть фибрилляция (беспорядочное сокращение мышц) сердца. Поэтому особенно опасен для человека электрический удар, при котором нарушаются сердечная, дыхательная и мозговая деятельность». [10]

Для электробезопасности работы на шпоночно-фрезерном станке необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущего станка. Заземление отключит работу станка в случае возникновения внештатной ситуации, связанной с резким изменением напряжения в сети. Защитному заземлению подвергают доступные для прикосновения человека части электроприборов и электроустановок.

«Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей (или ее эквивалентом) металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитное заземление является

средством защиты от косвенного прикосновения. Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение на электроустановках превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока». [10]

В нашем случае шпоночно-фрезерный станок 692Д работает от сети переменного тока с напряжением 380 В, поэтому заземление выполнять нужно обязательно.

Для электробезопасности станочника-фрезеровщика, управляющего шпоночно-фрезерным станком, на рабочем месте перед станком размещается диэлектрический коврик ГОСТ 4997-75 [7]. Этот предмет является хорошей защитой от шагового тока.

«Пожар – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей». [10]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные ГОСТ Р 51057-2001 [9]. Для своевременного оповещения о возгорании и задымлении на потолках цеха, где находится участок механической обработки детали, устанавливается пожарная сигнализация. Это минимизирует время, затрачиваемое на определение возгорания на производстве.

Еще одним вредным производственным фактором является шум, возникающий при механической обработке при довольно больших скоростях резания.

«Шум является причиной быстрого утомления работающих, а это приводит к снижению концентрации внимания и увеличению количества ошибок. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой

системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений. Артериальное кровяное давление в большинстве случаев изменяется, что способствует общей слабости организма». [10]

Для снижения воздействия шума при работе на шпоночно-фрезерном станке фрезеровщику необходимо применять средства индивидуальной защиты органов слуха – противошумовые наушники ГОСТ Р 12.4.213-99 [8].

«Обучение по охране труда и проверка знаний требований охраны труда работников организаций проводится для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Одновременно с обучением и проверкой знаний требований охраны труда могут проводиться обучение и аттестация работников организаций по другим направлениям безопасности труда, организуемые органами исполнительной власти, в порядке, утверждаемом ими по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации. Обучению по охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель». [22]

На машиностроительном предприятии, где изготавливается червяк вертикально-фрезерного станка, обучение по технике безопасности и охране труда должно проводиться в обязательном порядке.

Таким образом, в этом разделе предложены меры по минимизации возникновения производственного травматизма, а также по оснащению производственного участка техническими устройствами, способствующими безопасности машиностроительного предприятия.

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает сокращение вспомогательного времени на шпоночно-фрезерной операции 030. Это стало возможным благодаря применению более современного механизированного приспособления, а также режущего инструмента. Механизированное приспособление сокращает время на установку заготовки перед обработкой и снятия обработанной заготовки. Это привело к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованной операции.

Результаты технических изменений после совершенствований операций, а именно замены приспособления и режущего инструмента:

- сокращение вспомогательного времени – на 59,4%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 46,7 %.

Описанные результаты достаточно существенны для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 7 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 7 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [13]

Используя, описанную на рисунке 7, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ($K_{ВВ}$), которая составила 231087,42 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта.

На рисунке 8 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 8, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 71,1% в общем объеме инвестиций.

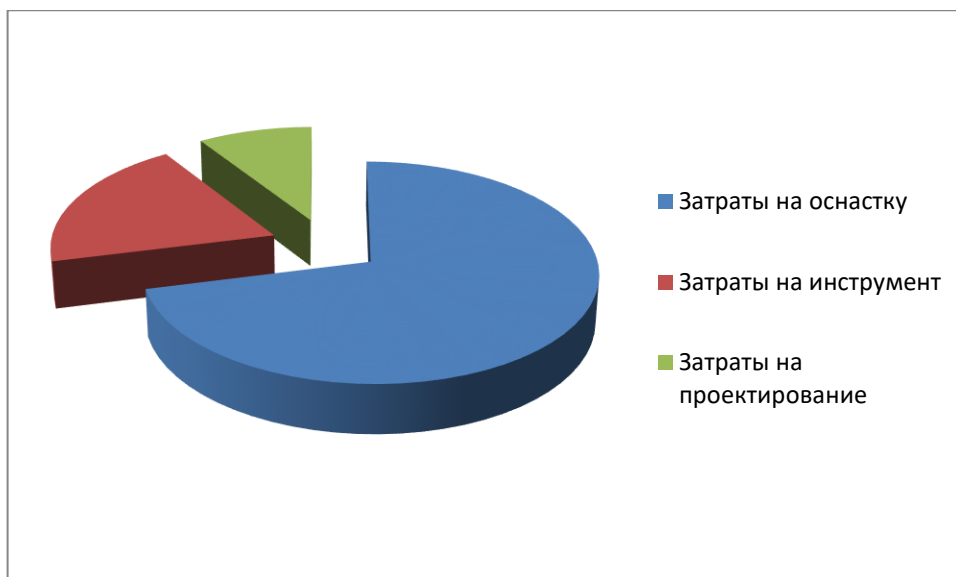


Рисунок 8 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизиться или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизиться, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

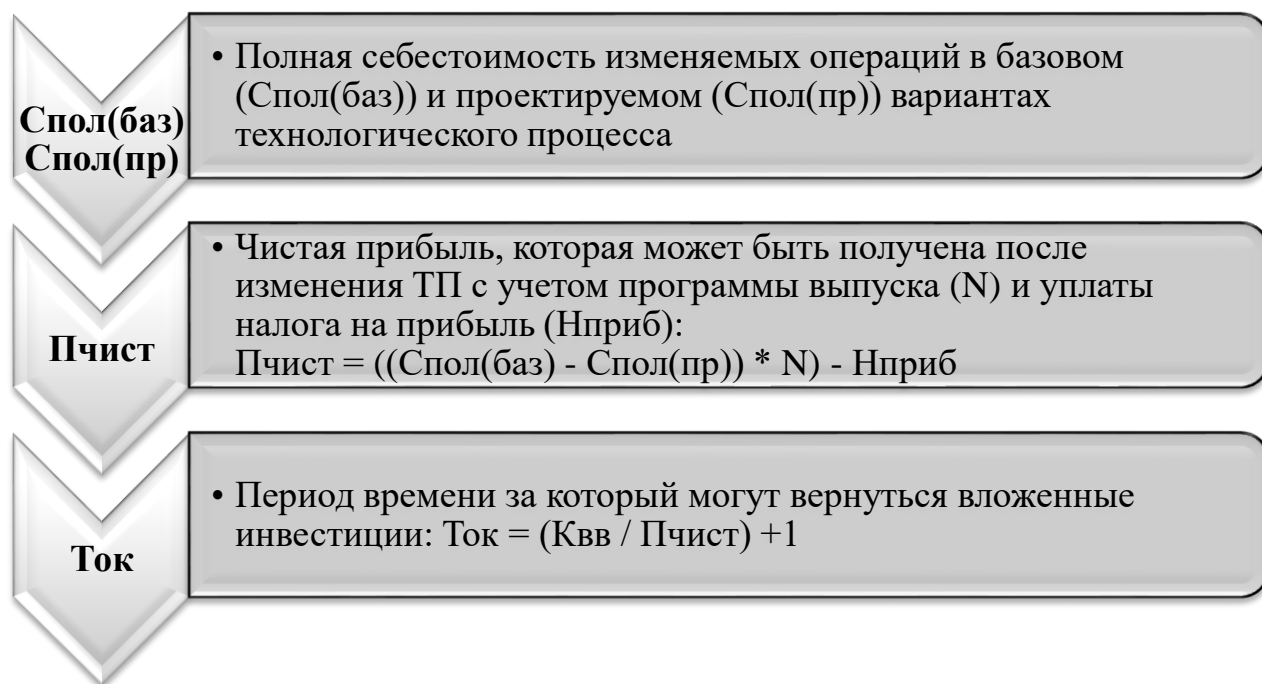


Рисунок 9 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($Э_{ИНТ}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 10 представлены рассчитанные значения следующих

показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

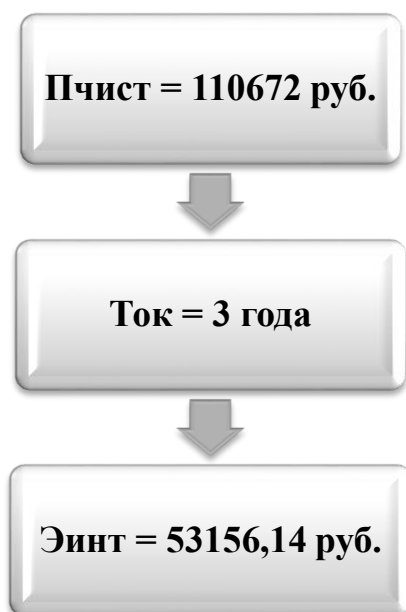


Рисунок 10 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{чист}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ок}}$) и экономического эффекта (Эинт)

Как показано на рисунке 10, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Заключение

В результате выполнения выпускной работы нами был спроектирован современный техпроцесс изготовления червяк привода вертикально-фрезерного станка.

В первом разделе был описан сам вертикально-фрезерный станок, а также функции червяка, которые выполняет эта деталь в узле механизма станка. Также проведен анализ технологичности червяка, описана конструкция и рассмотрен вопрос о методе получения заготовки, из которой затем изготавливают саму деталь.

Во втором разделе выбран тип производства для червяка вертикально-фрезерного станка, описаны основные его характеристики. Далее из двух наиболее подходящих методов получения заготовки (штамповки и проката) путем технико-экономического расчета-обоснования выбран наиболее экономически выгодный метод – штамповка на горизонтально-ковочной машине. Затем для изготовления каждой поверхности детали в зависимости от формы, точности и шероховатости выбраны методы обработки. На одну из наиболее точных поверхностей червяка рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. После этого для модернизируемых в работе операций (токарная и шпоночно-фрезерная) определены режимы обработки.

В третьем разделе для шпоночно-фрезерной операции спроектировано специальное станочное приспособление с призмами. Конструкция этого приспособления такова, что зажим заготовке в нем происходит автоматически при помощи пневмопривода.

В четвертом разделе для шпоночно-фрезерной операции спроектирован монолитный твердосплавный режущий инструмент – концевая фреза.

В работе имеется анализ безопасности и экологичности. Экономический расчет показал эффективность модернизации техпроцесса.

Список используемой литературы

1. Балла О.М. Технологическая подготовка производства для станков с ЧПУ. Проектирование и изготовление специальных и специализированных фрез : учебное пособие для вузов / О.М. Балла. – 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 512 с.
2. Блюмштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюмштейн, А.А. Клепцов. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 220 с.
3. 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.
4. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – 36 с.
5. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
6. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. – 9 с.
7. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
8. ГОСТ Р 12.4.213-99. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. – 11 с.
9. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
10. Графкина М.В. Охрана труда : учебник / М.В. Графкина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 212 с.
11. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве : учебное пособие. – 3-е изд., стер. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 328 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. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И. Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.
15. Попелюх А.И. Технологическая документация и сопровождение производства художественных изделий : учебное пособие / А.И. Попелюх. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 127 с.
16. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / Ю.В.Пухаренко, В.А. Норин. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 240 с.
17. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
18. Складнова Е.Е. Конструкционные стали и сплавы. Изд. 2-е перераб. : учебное пособие / Е.Е. Складнова, Г.А. Воробьева. – СПб. : Балт. гос. техн. ун-т, 2017. – 143 с.
19. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.
20. Тимирязев В.А. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник / В.А. Тимирязев, А.Г.Схиртладзе, Н.П. Солнышкин, С.И. Дмитриев. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 384 с.

21. Тюняев А.В. Основы конструирования деталей машин. Валы и оси : учебно-методическое пособие / А.В. Тюняев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 316 с.

22. Шапорева И.Л. Безопасность жизнедеятельности : электрон. учеб.-метод. пособие / И.Л. Шапорева, Л.Н. Горина, Н.Е. Данилина, И.И. Ращоян. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 282 с.

23. Щетинин В.С. Технология химического машино- и аппаратостроения : учеб. пособие / В.С. Щетинин. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2020. – 88 с.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 2																							
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СИ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Гроз	Тшт							
Б	Код наименования оборудования		Обозначение документа																				
0.17	выдерживая размер 300,3±0,65, поверхность 21, выдерживая размер φ35,6 _{0,25} .																						
Т.18	396110.XXXX Патрон самоцентра.; XXXXXX.XXXX		пар откидной;																				
Т.19	392104.XXXX Резец механич. Т5К6;		393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скода.																				
20																							
А.21	XX XX XX 015 4112 Токарная черновая		ИОТ И37.101.XXXX-XX																				
Б.22	38.18.25.XXXX SAMAT-400XC		2		18632		422		1P		1		1		100		1		16		0,89		
0.23	Точить поверхность 10, выдерживая размеры 20 ⁰ ±1; поверхность 9 выдерживая размеры φ36,6 _{0,62} ; R2;																						
0.24	поверхность 8, выдерживая размер φ42,6 _{0,62} ; поверхность 7, выдерживая размер 120,3±0,435; поверхность 5,																						
0.25	выдерживая размер φ36,1 _{0,25} ; поверхность 4, выдерживая размер φ35,6 _{0,25} ; поверхность 3, выдерживая																						
0.26	размер 55,3±0,37; поверхность 2, выдерживая размер φ35,6 _{0,25} .																						
Т.27	396110.XXXX Патрон самоцентра.; XXXXXX.XXXX		пар откидной;																				
Т.28	392104.XXXX(2) Резец механич. Т5К10;		393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX Калибр-скода.																				
29																							
А.30	XX XX XX 020 4112 Токарная чистовая		ИОТ И37.101.XXXX-XX																				
Б.31	38.18.25.XXXX SAMAT-400XC		2		18632		422		1P		1		1		100		1		16		1,09		
0.32	Точить канавку 20, выдерживая размеры 45 ⁰ ; R0,5; 3, R1; точить поверхность 11, выдерживая размер																						
0.33	φ60 _{0,071} ; поверхность 16, выдерживая размер 20 ⁰ ±1; поверхность 17, выдерживая размеры φ36 _{0,62} ;																						
0.34	R2; поверхность 18, выдерживая размер φ42 _{0,62} ; поверхность 19, выдерживая размер 300±0,65;																						
0.35	поверхность 21, выдерживая размер φ35,45 _{0,62} ; выполнить фаску 1x45 ⁰ .																						
Т.36	396110.XXXX Патрон самоцентра.; XXXXXX.XXXX		пар откидной;																				
Т.37	392104.XXXX(2) Резец механич. Т5К10;		393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скода;																				
Т.38	392104.XXXX Резец механич. Р6М5.																						
39																							
МК																							

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 3																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б			Код, наименование обработки		Обозначение документа											
А 42	XX XX XX	025	4112	Токарная чистовая	ИОТ И37.101.XXXX-XX											
Б 43	38.18.25	XXXX	SAMAT-400XC	2	18632	422	1P	1	1	100	1	16	1.12			
0.44	Точить канавку 6, выдерживая размеры 45 ⁰ , R0.5, 3, R1; точить поверхность 10, выдерживая размер															
0.45	20 ⁰ ±1 ⁰ ; поверхность 9, выдерживая размеры φ36 _{0.02} , R2; поверхность 8, выдерживая размер φ42 _{0.02} ;															
0.46	поверхность 7, выдерживая размер 120±0.435; поверхность 5, выдерживая размер φ35.45 _{0.002} ;															
0.47	поверхность 4, выдерживая размер φ35 _{0.002} ; поверхность 3, выдерживая размер 55±0.37; поверхность															
0.48	2, выдерживая размер φ35 _{0.002} ; выполнить фаску 1x45.															
Т 49	396110.XXXX Патрон самоцентр. XXXXXX.XXXX упор откидной;															
Т 50	392104.XXXX(2) Резец механич Т5К10; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба;															
Т 51	392104.XXXX Резец механич Р6М5.															
52																
А 53	XX XX XX	030	4272	Шпоночно-фрезерная	ИОТ И37.101.XXXX-XX											
Б 54	381631	XXXX	692Д	Шпоночно-фрезерный 2	18632	322	1P	1	1	100	1	16	0.58			
0.55	Фрезеровать поверхность 23 и 25, выдерживая размеры 8 _{0.01} , R2, 4.5±0.31, 5±0.15; поверхность 24,															
0.56	выдерживая размер 26 _{0.2} .															
Т 57	396181.XXXX Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX(2) Сменные призмы; 391267.XXXX Фреза															
Т 58	концевая Т5К10; 393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111 Калибр-продка.															
59																
А 60	XX XX XX	035	4272	Резьбофрезерная	ИОТ И37.101.XXXX-XX											
Б 61	381631	XXXX	КУ-240	Резьбофрезерный 2	18632	322	1P	1	1	100	1	16	2.23			
0.62	Фрезеровать поверхность 12 и 14, выдерживая размеры m=5, z=2, φ50 _{0.1} , 20 ⁰ ±2.															
Т 63	396181.XXXX Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX(2) Сменные призмы; 391267.XXXX Фреза															
Т 64	модульная Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111 Калибр-продка.															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А		Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СЧ	посл	Р	УТ	КР	КОМД	Обозначение документа			Тип			
													ЕН	ОП	Кшт				
Б		Код наименования оборудования																	
А 69	XX XX XX	040	4272	Резьбофрезерная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ													16	2,23	
Б 70	381631	ХХХХ	КУ-240	Резьбофрезерный 2 18632 322 1Р 1 1 1 100 1													1	16	2,23
О 71	Фрезеровать поверхность 12 и 14, выдерживая размеры $m=5$, $z=2$, $\phi 50_{-0,05}$ 20^{+1} .																		
Т 72	396181.ХХХХ	Приспособление специальное. ХХХХХХ.ХХХХ(2) Сменные призмы: 391267.ХХХХ Фреза																	
Т 73	модульная Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111 Калибр-пробка.																		
74																			
А 75	XX XX XX	045	Термическая (закалка) ИОТ ИЗ7.101.70715-07.																
Б 76	ТВ4																		
77																			
А 78	XX XX XX	050	Центрошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74191-00.																
Б 79	381623	ХХХХ	3922	Центрошлифовальный 2 17001 422 1Р 1 1 1 100 1													10	0,31	
О 80	Шлифовать поверхность 11, выдерживая размеры $\phi 40,065 \pm 0,02$, $5^{\circ} 2' 10'' \pm 8'$.																		
Т 81	39611Х.ХХХХ	Приспособление специальное; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной.																	
Т 82	398110.ХХХХ(2)	Круге шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007.																	
Т 83	393410.ХХХХ	Микрометр; 393111 Калибр-пробка.																	
84																			
А 85	XX XX XX	055	Круглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74191-00.																
Б 86	381623	ХХХХ	3М53Ф2	Круглошлифовальн. 2 17001 422 1Р 1 1 1 100 1													10	0,35	
О 87	Шлифовать поверхность 21, выдерживая размер $\phi 35,25_{-0,030}$.																		
Т 88	39611Х.ХХХХ	Патрон поводковый; 39284.1.ХХХХ Центр вращающийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной.																	
Т 89	398110.ХХХХ	Круге шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007.																	
Т 90	393410	Микрометр; 393120.ХХХХ Калибр-скоба.																	
91																			
МК																			

Лист 4

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 5															
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	ОМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа				
											КОИД	ЕН	ОП	Клп	Тпоз
Б					Код наименования оборудования										
А 94	XX XX XX	060	Круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.												
Б 95	381623	XXXX	ЗМ153Ф2	Круглошлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0,35
0 96	Шлифовать поверхность 5, выдерживая размер $\phi 35,25_{-0,030}$.														
Т 97	39671Х	XXXX	Патрон поводковы;	39284.1XXXX Центр вращающийся;	XXXXXX.XXXX	Упор откидной.									
Т 98	398110	XXXX	Круг шлифовальный	1 350x60x150 14AF24K5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007;											
Т 99	393410	Микрометр;	393120.XXXX	Калибр-скоба											
100															
А 101	XX XX XX	065	Круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.												
Б 102	381623	XXXX	ЗМ153Ф2	Круглошлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0,35
0 103	Шлифовать поверхность 21, выдерживая размер $\phi 35,05_{-0,010}^{+0,010}$.														
Т 104	39671Х	XXXX	Патрон поводковы;	39284.1XXXX Центр вращающийся;	XXXXXX.XXXX	Упор откидной.									
Т 105	398110	XXXX	Круг шлифовальный	1 350x60x150 14AF24K5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007;											
Т 106	393410	Микрометр;	393120.XXXX	Калибр-скоба											
107															
А 108	XX XX XX	070	Круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.												
Б 109	381623	XXXX	ЗМ153Ф2	Круглошлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0,35
0 110	Шлифовать поверхность 5, выдерживая размер $\phi 35,05_{-0,010}^{+0,010}$.														
Т 111	39671Х	XXXX	Патрон поводковы;	39284.1XXXX Центр вращающийся;	XXXXXX.XXXX	Упор откидной.									
Т 112	398110	XXXX	Круг шлифовальный	1 350x60x150 14AF24K5L7 30 м/с 10СТ Р 52781-2007;											
Т 113	393410	Микрометр;	393120.XXXX	Калибр-скоба											
114															
А 115	XX XX XX	075	Резьбшлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.												
Б 116	381623	XXXX	5887	Резьбшлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	2,23
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А		Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа									
							СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Гвоз
Б		Шлифовать поверхность обработки														
0 117	Шлифовать поверхность 12 и 14, выдерживая размеры $m=5$; $z=2$; $\phi 50_{-0,0025}^{+0,0025}$; $20_{-0,0025}^{+0,0025}$															
Т 118	39611Х.ХХХХ Патрон поводковы; 39284.1.ХХХХ Центр брашующийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;															
Т 119	3934.10 Микрометр; 393120.ХХХХ Калибр-скода.															
120																
А 121	ХХ ХХ ХХ 080 Полировальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.															
Б 122	3816.23 ХХХХ 3Е881 Шлифов.-полировальный 2 17001 4.22 1Р 1 1 1 100 1 10 0,35															
0 123	Полировать поверхность 21 выдерживая размер $\phi 35k6_{-0,0016}^{+0,0016}$															
Т 124	39611Х.ХХХХ Патрон поводковы; 39284.1.ХХХХ Центр брашующийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;															
Т 125	398110.ХХХХ Круг полировальный лепестковый ГОСТ Р 52781-2007;															
Т 126	3934.10 Профилограф-профилометр; 393120.ХХХХ Калибр-скода.															
127																
А 128	ХХ ХХ ХХ 085 Полировальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.															
Б 129	3816.23 ХХХХ 3Е881 Шлифов.-полировальный 2 17001 4.22 1Р 1 1 1 100 1 10 0,35															
0 130	Полировать поверхность 5 выдерживая размер $\phi 35k6_{-0,0016}^{+0,0016}$															
Т 131	39611Х.ХХХХ Патрон поводковы; 39284.1.ХХХХ Центр брашующийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;															
Т 132	398110.ХХХХ Круг полировальный лепестковый ГОСТ Р 52781-2007;															
Т 133	3934.10 Профилограф-профилометр; 393120.ХХХХ Калибр-скода.															
134																
А 135	ХХ ХХ ХХ 090 Мечная ИОТ И37.101.ХХХХ															
Б 136	ХХХХХХ ХХХХ Мечная машина															
137																
А 138	ХХ ХХ ХХ 095 Контрольная ИОТ И37.101.ХХХХ															
Б 139	ХХХХХХ ХХХХ Контрольный стол															
МК																

Лист 6