

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 фланца

Обучающийся	<u>Д.И. Грачев</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>д-р экон. наук, доцент А.А. Курилова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент, Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления фланца.

Автор: Грачев Дмитрий Игоревич.

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления фланца промышленного растворосмесителя.

На первом этапе работы была проанализирована конструкция промышленного растворосмесителя, проведен анализ материала, из которого выполнен фланец, и его свойства, а также выполнен анализ конструкции детали на технологичность.

На втором этапе выполнения работы выбран тип машиностроительного производства для изготовления фланца. Им оказалось среднесерийное производство, там же описаны особенности данного типа производства. Из двух наиболее подходящих типов заготовительного производства с помощью технико-экономического расчета принята штамповка. На самую точную поверхность фланца растворосмесителя выполнен расчет припусков. Далее спроектирован технологический процесс изготовления фланца растворосмесителя и рассчитаны режимы резания на некоторые операции.

Для закрепления заготовки на токарной чистовой операции нами спроектирован патрон трехкулачковый. В отличие от патрона из базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет механизированный пневматический привод, что сокращает вспомогательное время на операции.

Для фрезерной многоинструментальной операции техпроцесса изготовления фланца растворосмесителя спроектирована конструкция зенкера для обработки плоскостей под головки винтов. Направляющая цапфа зенкера выполнена отдельным элементом и имеет возможность съема. Это приведет к тому, что зенкер можно использовать с другой направляющей цапфой для обработки другой детали. При такой конструкции заточку зенкера проводит проще.

## **Abstract**

Theme: Technological process of flange manufacturing.

Author: Grachev Dmitriy.

In the final work, the technological process of manufacturing the flange of an industrial mortar mixer is designed.

At the first stage of the work, the design of an industrial mortar mixer was analyzed, the material from which the flange is made and its properties were analyzed, and the design of the part was analyzed for manufacturability.

At the second stage of the work, the type of machine-building production for the manufacture of the flange was selected. It turned out to be medium-scale production, and the features of this type of production are described there. Of the two most suitable types of procurement production, stamping was adopted using a technical and economic calculation. Allowances have been calculated for the most accurate flange surface of the mortar mixer. Next, the technological process of manufacturing the mortar mixer flange is designed and the cutting modes for some operations are calculated.

To fix the workpiece on the turning finishing operation, we have designed a three-cam chuck. Unlike the cartridge from the basic version of the process technology, this device has a mechanized pneumatic drive, which reduces the auxiliary time for operation.

For the milling multi-tool operation of the manufacturing process of the mortar mixer flange, a countersink design has been designed for processing planes for screw heads. The guide pin of the countersink is made by a separate element and has the possibility of removal. This will lead to the fact that the countersink can be used with another guide pin to process another part. With this design, it is easier to sharpen the countersink.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Назначение и условия работы детали.....	9
1.2 Классификация поверхностей детали.....	9
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	10
2 Технологическая часть.....	12
2.1 Определение типа производства.....	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	12
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.4 Выбор методов обработки.....	15
2.5 Расчет припусков.....	19
2.6 Расчет режимов резания.....	22
3 Проектирование приспособления.....	30
3.1 Исходные данные.....	31
3.2 Силовой расчет.....	32
4 Проектирование режущего инструмента.....	36
4.1 Общие сведения.....	36
4.2 Проектирование зенковки.....	38
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	40
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	41
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	42
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	45
5.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	46
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47

6 Экономическая эффективность .....	49
Заключение.....	53
Список используемой литературы.....	54
Приложение А. Маршрутные карты.....	57

## Введение

Машиностроение является одной из самых важных отраслей современной промышленности. От машиностроения зависит существование и работоспособность многих других отраслей, таких как химическая, легкая промышленность, гражданское строительство, транспорт и так далее.

Растворосмесители строительные промышленные предназначены для изготовления строительных растворов. Это машины очень часто используют при строительстве зданий и сооружений.

Фланцы являются довольно распространенными деталями современных машин. Фланцы имеют больший диаметр, чем длину (это качество характерно для этих деталей машин).

В машиностроении очень часто возникает необходимость постоянного или временного соединения двух соосных валов с целью передачи вращающего момента с одного вала на другой. В этом случае используют такие механизмы как муфты.

Муфты бывают различных конструкций, но предназначены они для постоянного или периодического соединения двух соосных валов. Муфты входят в состав многих механизмов и могут быть сложными, как например электромагнитные фрикционные муфты, а могут быть очень простыми, например втулочная постоянная муфта. [31]

Наша деталь «фланец» входит в состав муфты сцепления, которая обеспечивает периодическое соединение валов. Фланец на время сцепляется с другой частью муфты, а затем расцепляется. От качества изготовления фланца зависит качество и долговечность работы, как муфты в целом, так и всего узла.

Целью данной работы является проектирование техпроцесса изготовления фланца промышленного растворосмесителя заданного качества с минимальными затратами на изготовление, согласно годовой программе выпуска.

## 1 Анализ исходных данных

«Бетонные и растворные смеси приготавливают путем механического перемешивания их компонентов в строительных машинах – бетоно и расворосмесителях. Качество смеси определяется точностью дозировки компонентов и равномерностью их распределения между собой по всему объему смеси. Для равномерного распределения компонентов смеси между собой в общем объеме замеса частицам материала сообщаются траектории движения с наибольшей возможностью их пересечения. Смешивание компонентов в однородную смесь является достаточно сложным технологическим процессом, который зависит от состава смеси, ее физико-механических свойств, времени смешивания и конструкции смешивающего устройства». [15]

«Технологический процесс приготовления смесей включает последовательно выполняемые операции: загрузку отдозированных компонентов (вяжущих, заполнителей и воды) в смесительную машину, перемешивание компонентов и выгрузку готовой смеси». [15]

«По характеру работы различают смесительные машины периодического (циклического) и непрерывного действия. В смесителях циклического действия (рисунок 1) перемешивание компонентов и выдача готовой смеси осуществляется отдельными порциями». [15]

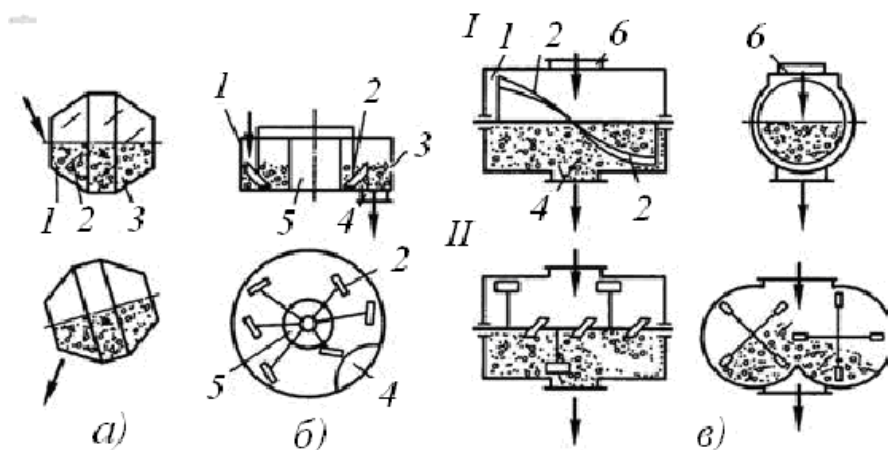


Рисунок 1 – Растворосмесители циклического действия

«Каждая новая порция компонентов бетона или раствора может быть загружена в смеситель лишь после того, как из него будет выгружен готовый замес. Смесители циклического действия обычно применяют при частой смене марок бетонных смесей или растворов. В них можно регулировать продолжительность смешивания». [15]

«В смесителях непрерывного действия (рисунок 2) загрузка компонентов, их перемешивание и выдача готовой смеси осуществляются одновременно и непрерывно». [15]

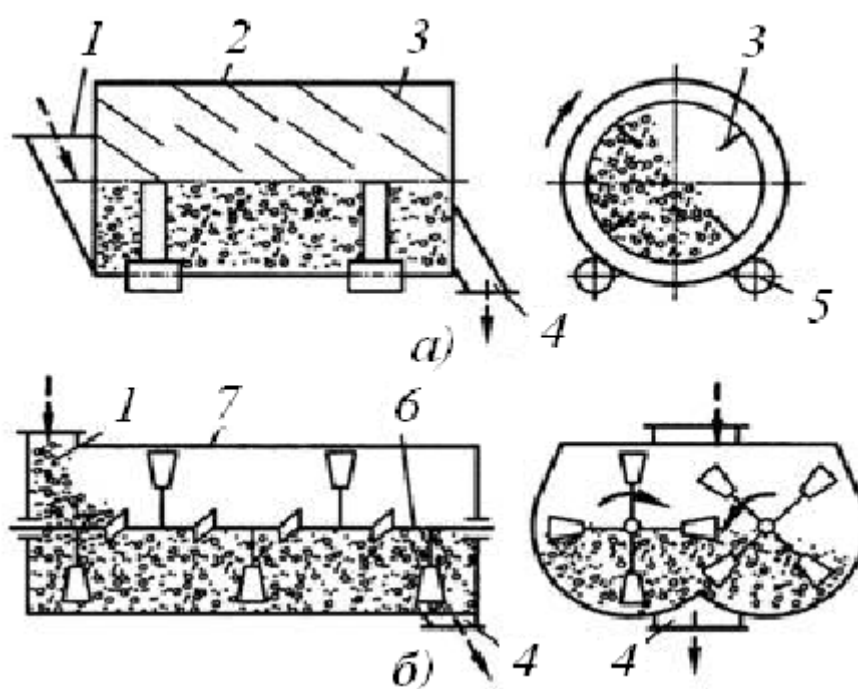


Рисунок 2 – Растворосмесители непрерывного действия

«Отдозированные компоненты непрерывным потоком поступают в смеситель и смешиваются лопастями при продвижении от загрузочного отверстия к загрузочному. Готовая смесь непрерывно поступает в транспортные средства. Смесители непрерывного действия наиболее целесообразно применять для приготовления больших объемов бетонной или растворной смеси одной марки». [15]



## 1.1 Назначение и условия работы детали

Деталь «фланец» входит в состав муфты сцепления, которая обеспечивает периодическое соединение валов. Фланец на время сцепляется с другой частью муфты, а затем расцепляется. От качества изготовления фланца зависит качество и долговечность работы, как муфты в целом, так и всего узла.

## 1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей фланца пронумеруем каждую из его поверхностей и представим это на рисунке 2.

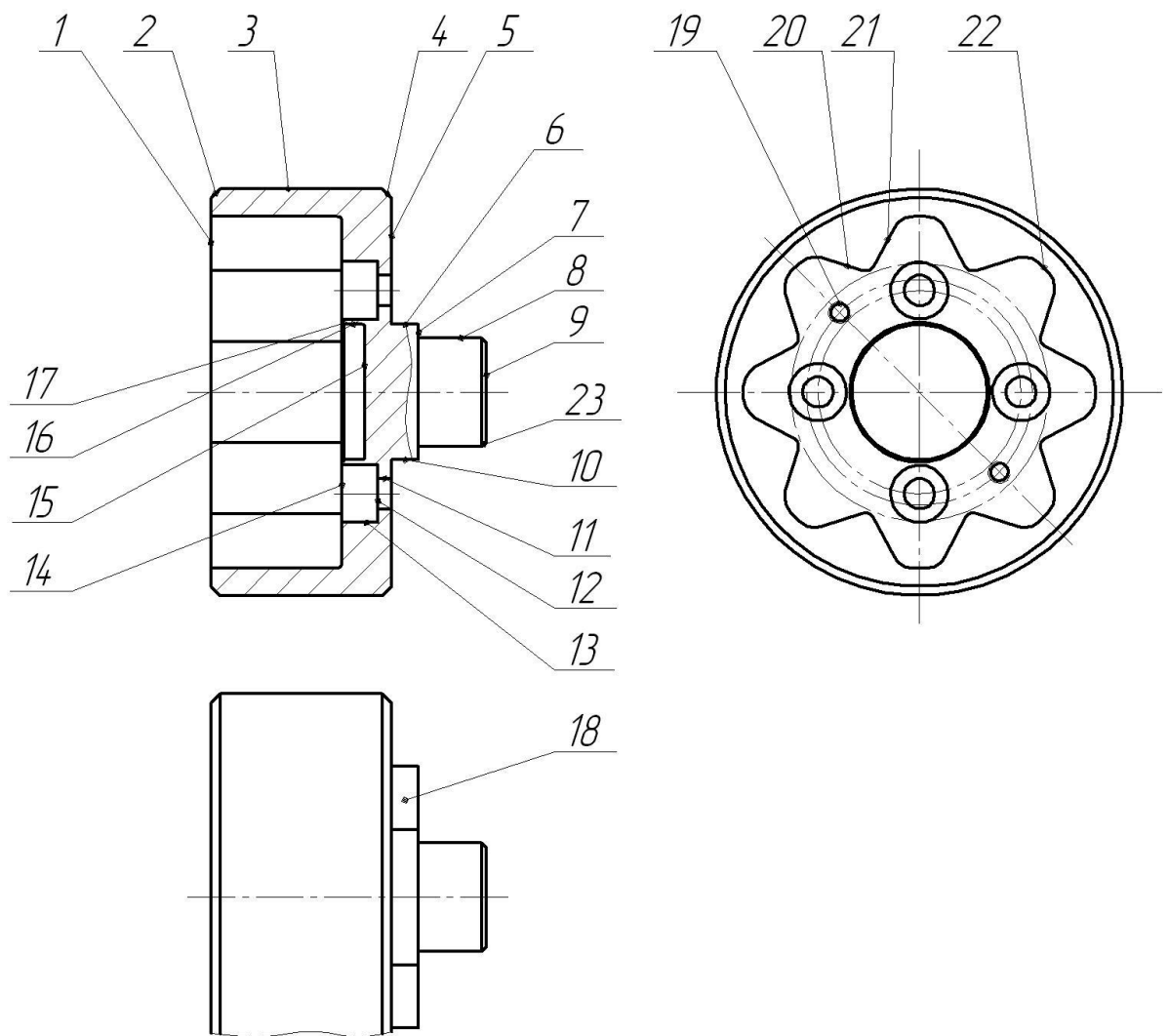


Рисунок 3 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями фланца промышленного растворосмесителя являются отверстия под винты 11, которыми фланец получает вращающий момент, а также боковые поверхности внутреннего зубчатого венца 20, 21, которыми фланец передает вращение.

Основными конструкторскими базами фланца промышленного растворосмесителя являются цилиндрическая наружная поверхность 8 и торцовая поверхность 7.

Вспомогательными конструкторскими базами фланца промышленного растворосмесителя являются плоские наружные поверхности 6, 10, плоские поверхности под головки винтов 12, отверстия с резьбой 19.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом фланца промышленного растворосмесителя является сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [2], которая содержит около 0,40% углерода (С), около 1% хрома (Cr), остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

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

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

$\sigma_B$ , МПа	НВ	$\sigma_T$ , МПа	$\psi$ , %	$\delta_5$ , %
980	197...217	780	45	10

«Легированные стали [32] по структуре после нормализации подразделяют на следующие классы: перлитный, мартенситный, аустенитный и ферритный (рисунок 4). Нормализация – это термическая обработка, состоящая из аустенитизации и охлаждения на спокойном воздухе. В зависимости от количественного соотношения легирующих элементов могут быть смешанные структурные классы: ферритно-перлитный, аустенитно-мартенситный и аустенитно-ферритный». [2]

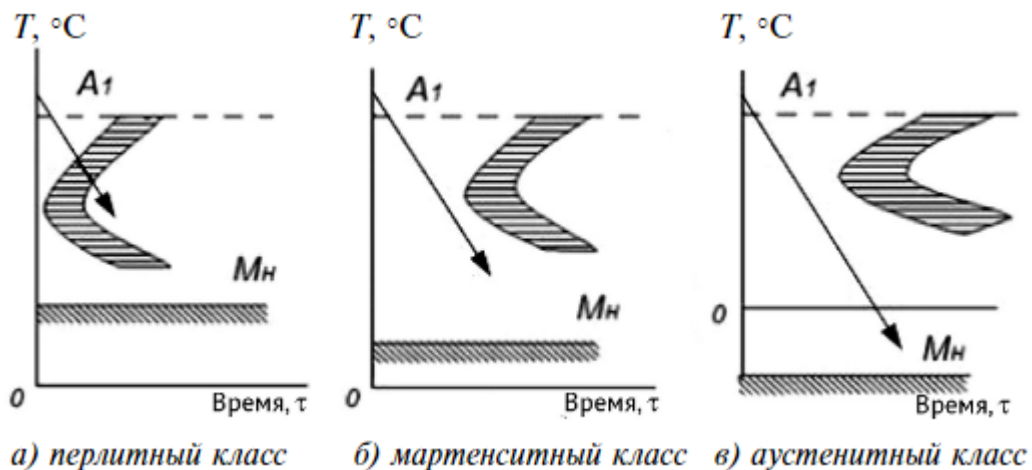


Рисунок 4 – Диаграммы изотермического распада аустенита

«На рисунке 4 приведены схемы диаграмм изотермического распада аустенита, построенные в координатах температура – время, для сталей: а – перлитного (с суммарным содержанием легирующих элементов менее 5%); б – мартенситного (с суммарным содержанием легирующих элементов от 5% до 10%); в – аустенитного (с суммарным содержанием легирующих элементов, превышающем 10%) классов. На диаграммы нанесен вектор скорости охлаждения на воздухе из аустенитной области.  $A_1$  – линия перлитного превращения.  $M_n$  – температура начала мартенситного превращения». [2]

Конструкция фланца промышленного растворосмесителя имеет свободные подходы ко всем поверхностям для обработки и измерения. Фланец имеет канавки для выхода лезвийного и абразивного инструментов. Поэтому конструкцию полумуфты будем считать технологичной.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Тип производства характеризуют: широта номенклатуры (количество наименований выполняемых изделий); объем выпуска изделий; регулярность выпуска каждого изделия. Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями». [3]

«В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства». [26]

В нашей работе будем принимать тип машиностроительного производства на основе двух параметров, таких как масса фланца промышленного растворосмесителя  $m = 1,15$  кг и годовая программа выпуска  $N = 10000$  штук. Исходя из этих параметров, принимаем среднесерийный тип производства.

### **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяемыми сериями и сравнительно небольшими объемами выпуска. Его отличают устойчивая номенклатура и ее повторяемость, специализация рабочих мест на нескольких операциях, широкое применение специализированного и специального оборудования, значительное использование труда рабочих средней квалификации, меньшая доля ручных работ и более высокий уровень механизации и автоматизации производства, меньшая трудоемкость и длительность цикла (станкостроение, приборостроение и так далее)». [21]

## 2.3 Выбор метода получения заготовки

«При выборе вида заготовки (прокат, поковка, отливка, сварная конструкция) и метода ее изготовления необходимо стремиться к максимальному приближению ее формы и размеров к готовой детали. Часто вид заготовки задает конструктор. Всегда имеется несколько технически возможных вариантов (обычно два) метода ее получения. Их сравнение производится на основании укрупненных экономических расчетов. При этом возможны три случая расчета:

- метод получения заготовки принимается аналогичным базовому варианту техпроцесса;
- метод получения заготовки изменяется, но это не отражается на техпроцессе механической обработки;
- метод получения заготовки изменяется и существенно меняет ряд операций механической обработки». [20]

«В первом случае указывают ссылку на источник, во втором – сравнивают стоимость заготовки по вариантам. Третий случай самый распространенный и самый сложный, так как более точная заготовка является и более дорогой, поэтому необходимо снижать сумму затрат на заготовку и механическую обработку. Рекомендуется считать два варианта техпроцесса до конца и выбирать из них наиболее экономичный». [20]

Если фланец промышленного растворосмесителя изготавливать из штампованной заготовки [11], то ее масса будет равна  $m = 1,9$  кг. Если фланец промышленного растворосмесителя изготавливать из проката [8], то ее масса будет равна  $m = 3,4$  кг [29] при габаритных параметрах  $\varnothing 93 \times 64$  мм.

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

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

где  $C_c = 0,495; E_n = 0,15; C_k = 1,085$ ». [18]

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

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

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

где  $C_{ум} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_M = 1,0; k_n = 1,0$ ». [18]

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

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

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

где  $Q_{ум} = 1,9; q = 1,15$ ;

$$C_{отх} = 0,0144$$
». [18]

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 1,9 + 0,6578(1,9 - 1,15) - (1,9 - 1,15)0,0144 = 0,9984$$

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

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

где  $Q_{пр} = 3,4; q = 1,15$ ;

$$C_{отх} = 0,0144$$
». [18]

$$C_{ми} = 0,1219 \cdot 3,4 + 0,6578(3,4 - 1,15) - 0,0144(3,4 - 1,15) = 1,8621 \text{ руб.}$$

Себестоимость штампованной заготовки ниже, следовательно, примем для нашего техпроцесса в качестве заготовки штамповку.

«Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3} \gg 1. [18] \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{1,15}{1,9} = 0,61.$$

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

Чертеж заготовки для изготовления фланца промышленного растворосмесителя представлен в графической части.

## 2.4 Выбор методов обработки

«Этот раздел является наиболее важным в проектировании техпроцесса и посвящен определению последовательности технологических операций и состава средств технологического оснащения». [20]

«Вначале устанавливаются технологические маршруты обработки отдельных поверхностей, а затем составляется технологический маршрут обработки заготовки в целом. Первый метод обработки начинается исходя из чертежа заготовки, а последний – на основе требований рабочего чертежа готовой детали. Промежуточные методы обработки определяются по таблице точности и качества поверхности, получаемые после выполнения данного способа. Эта задача является сложной, многовариантной и зависит от целей проектирования и производственного опыта технолога». [20]

Поверхность 1 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 2 по форме является конической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров,

назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 3 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 4 по форме является конической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 5 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 2,5. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 6 по форме является плоской наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 2,5. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование черновое и чистовое.

Поверхность 7 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 8 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 1,25. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT7. Исходя из этих параметров,



назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Поверхность 9 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 10 по форме является плоской наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 2,5. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование черновое и чистовое.

Поверхность 11 по форме является цилиндрической внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление.

Поверхность 12 по форме является торцовой внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление, цекование.

Поверхность 13 по форме является цилиндрической внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление.

Поверхность 14 по форме является торцовой внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и фрезерование.

Поверхность 15 по форме является торцовой внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 16 по форме является цилиндрической внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT8. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 17 по форме является конической внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 18 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 19 по форме является цилиндрической внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление, резбонарезание.

Поверхность 20 по форме является криволинейной внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование.

Поверхность 21 по форме является криволинейной внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность

поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование.

Поверхность 22 по форме является криволинейной внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 10. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование.

## 2.5 Расчет припусков

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки, в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Припуск на обработку поверхности детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков. ГОСТы и таблицы позволяют назначать припуски независимо от технологического процесса изготовления детали и условий его осуществления и поэтому в общем случае являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали». [28]

«Расчетно-аналитический метод определения припусков базируется на основе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого перехода технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяют методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки». [28]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 8 с параметрами качества  $\varnothing 24H7_{(-0,021)}$  мм,  $L = 22$  мм,  $Ra = 1,25$  мкм.

«Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей  
(мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \rangle. [25] \quad (5)$$

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

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,210 = 0,053.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,021.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,033 = 0,008.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,021 = 0,005.$$

«Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}; \quad (6)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \rangle. [25] \quad (7)$$

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

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0} = 0,253.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{\partial 0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,038.$$

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

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0} = 0,253.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{\partial 0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,038.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 23,979.$$

$$d_{4\max} = 24,000.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 24,000 + 2 \cdot 0,038 = 24,076.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 24,076 + 0,021 = 24,097.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 24,097 + 2 \cdot 0,121 = 24,339.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 24,339 + 0,084 = 24,423.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 24,423 \cdot 0,999 = 24,399.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 24,399 + 0,052 = 24,451.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 24,451 + 2 \cdot 0,253 = 24,957.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 24,957 + 0,210 = 25,167.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 25,17 + 2 \cdot 0,626 = 26,419.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 26,419 + 0,900 = 27,319.$$

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \rangle\rangle. [25] \quad (8)$$

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(27,319 + 26,419) = 26,869.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(25,167 + 24,957) = 25,062.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(24,451 + 24,399) = 24,425.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(24,423 + 24,399) = 24,411.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(24,097 + 24,076) = 24,087.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(24,000 + 23,979) = 23,990.$$

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{4\min} - d_{0\max} \rangle. [25] \quad (9)$$

$$2Z_{\min} = 26,419 - 24,000 = 2,419.$$

$$\langle 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \rangle. [25] \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 2,419 + 0,9 + 0,021 = 3,329.$$

$$\langle 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \rangle. [25] \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,329 + 2,419) = 2,874.$$

Найденные значения промежуточных припусков в дальнейшем используем при проектировании операций технологического процесса изготовления фланца промышленного растворосмесителя.

## 2.6 Расчет режимов резания

«Применение специального оборудования, рассчитанного на использование многоинструментальных наладок – один из путей снижения оперативного времени». [24]

«Различают три вида работы инструментов в многоинструментальных наладках:

- последовательную: в этом случае основное время операции равно сумме основного времени по последовательным переходам;
- параллельную: то есть совмещение переходов во времени: в этом случае основное время равно времени наиболее длительного из совмещенных переходов;

- смешанную (параллельно-последовательную): в этом случае инструменты в группе работают параллельно, а группы инструментов – последовательно». [24]

Многоинструментальные наладки применяют на различных станках. В зависимости от типа станка определение режимов резания имеет свои особенности, но есть и общие единые правила. [33]

«Общемашиностроительные нормативы режимов резания предусматривают в расчетах два основных этапа:

- расчет кинематических элементов режимов резания ( $V$ ,  $n$ ,  $S$ ) [30] для отдельных групп инструментов, связанных общими кинематическими параметрами, то есть расчет режима резания по каждой рабочей позиции;

- корректирование режима резания по порциям с целью выравнивания времени работы отдельных групп инструментов, кинематически не связанных между собой». [24]

«В зависимости от конструктивных особенностей станка второго этапа может не быть. Порядок определения режимов резания и нормы времени в основном определяется видом выполняемых работ». [24]

### 2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 015.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 0,3$ . [23]

Подача  $S = 0,3$ . [23]

«Скорость резания

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

где  $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; V_0 = 190$ ». [23]

$$V = 190 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180,5 \text{ м/мин.}$$

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \gg. [23] \quad (13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180,5}{3,14 \cdot 90} = 638 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \gg. [23] \quad (14)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 630}{1000} = 178 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \gg. [23] \quad (15)$$

$$S = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \gg. [23] \quad (16)$$

$$T_0 = \frac{82}{189} = 0,43 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания  $t = 0,5$ . [23]

Подача  $S = 0,3$ . [23]

Скорость резания

$$V = 190 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180,5 \text{ м/мин.}$$



Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180,5}{3,14 \cdot 29,5} = 1949 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29,5 \cdot 1600}{1000} = 148 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,43 + 0,01 = 0,44 \text{ мин.}$$

## 2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 030.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 2,0$ . [23]

Подача  $S_z = 0,10$ . [23]

«Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z, \tag{17}$$

где  $z = 3$  – количество зубьев фрезы». [23]

$$S_0 = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y} \tag{18}$$

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

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0. \quad [23]$$

$$K_V = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25.$$

$$D = 10; C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30. \quad [23]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 2^0 \cdot 0,3^{0,7}} \cdot 1,25 = 25,9 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,9}{3,14 \cdot 10} = 825 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 800}{1000} = 25,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,30 \cdot 800 = 240 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{px}}{S} \quad (20)$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 4320}{240} = 18,00 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$\text{Глубина резания } t = 6,4. \quad [23]$$

$$\text{Подача } S = 0,10. \quad [23]$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 12,8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 6,4^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 25,5 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,5}{3,14 \cdot 12,8} = 634 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,8 \cdot 630}{1000} = 25,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{оме}} \cdot L_{\text{px}}}{S} = \frac{4 \cdot 9,85}{63} = 0,63 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания  $t = 3,3$ . [23]

Подача  $S = 0,10$ . [23]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^{m_t} t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 6,6^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,3^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 19,6 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 19,6}{3,14 \cdot 6,6} = 946 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,6 \cdot 900}{1000} = 18,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{оме}} \cdot L_{\text{px}}}{S} = \frac{4 \cdot 3,5}{80} = 0,18 \text{ мин.}$$

Переход 4.

Глубина резания  $t = 3,5$ . [23]

Подача  $S = 0,10$ . [23]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 13,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 25,7 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,7}{3,14 \cdot 13,0} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13,0 \cdot 630}{1000} = 25,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{оме}} \cdot L_{px}}{S} = \frac{4 \cdot 4,5}{80} = 0,23 \text{ мин.}$$

Переход 5.

Глубина резания  $t = 3,5$ . [23]

Подача  $S = 0,10$ . [23]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 7,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 20,1 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 7,0} = 914 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,0 \cdot 800}{1000} = 17,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{оме}} \cdot L_{px}}{S} = \frac{2 \cdot 13}{80} = 0,33 \text{ мин.}$$

Переход б.

Глубина резания  $t = 1,0$ . [23]

Подача  $S = 0,10$ . [23]

Скорость

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 8,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,0^0 \cdot 1,0^{0,7}} \cdot 0,5 = 4,2 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 4,2}{3,14 \cdot 8,0} = 167 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,0 \cdot 160}{1000} = 4,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 1,0 \cdot 160 = 160 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{px}}{S} = \frac{2 \cdot 12}{160} = 0,15 \text{ мин.}$$

Итоговое время

$$T_0 = \sum T_{0i} = 18,00 + 0,63 + 0,18 + 0,23 + 0,33 + 0,15 = 19,52 \text{ мин.}$$

Полученные значения режимов резания при изготовлении фланца промышленного растворосмесителя внесем в технологическую документацию, представленную в приложении А (таблица А.1).

### 3 Проектирование приспособления

«Применение гибких производственных модулей (ГПМ), гибких производственных систем (ГПС), роботизированных технологических комплексов (РТК) и новых многоцелевых станков с ЧПУ невозможно без совершенствования зажимных приспособлений для заготовок и режущих инструментов. При частой смене объекта производства оборудование обычно не меняется, и лишь приспособления претерпевают значительные изменения. Станочные приспособления обычно используются в определенных граничных условиях: в зависимости от типа производства, геометрической формы обрабатываемой заготовки, ее габаритных размеров, вида обрабатываемой поверхности, метода обработки, способа базирования заготовки, числа одновременно обрабатываемых поверхностей и так далее. Таким образом, выбор приспособлений является сложным процессом, требующих глубоких знаний технологии машиностроения в целом». [16]

«Станочные приспособления проектируют десятки тысяч человек, и сотни тысяч заняты их изготовлением. Поэтому совершенствование станочных приспособлений оказывает существенное влияние на эффективность использования металлорежущего оборудования, качество и производительность обработки деталей». [16]

«Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. К технологической оснастке относятся зажимные станочные приспособления, вспомогательный и мерительный инструмент, устройства для перемещения и захвата заготовок, штампы, пресс-формы, литейные формы, стержневые ящики, сборочные приспособления и металлообрабатывающий инструмент». [16]

«Приспособление – вспомогательное устройство, предназначенное для обеспечения ускорения или облегчения выполнения технологической операции с заданными технологическими требованиями». [16]

### 3.1 Исходные данные

На 015 Токарной чистовой технологической операции изготовления фланца промышленного растворосмесителя обработку ведут на трех переходах. При этом заготовку устанавливают на токарный станок с ЧПУ. Операционный эскиз представлен на рисунке 5.

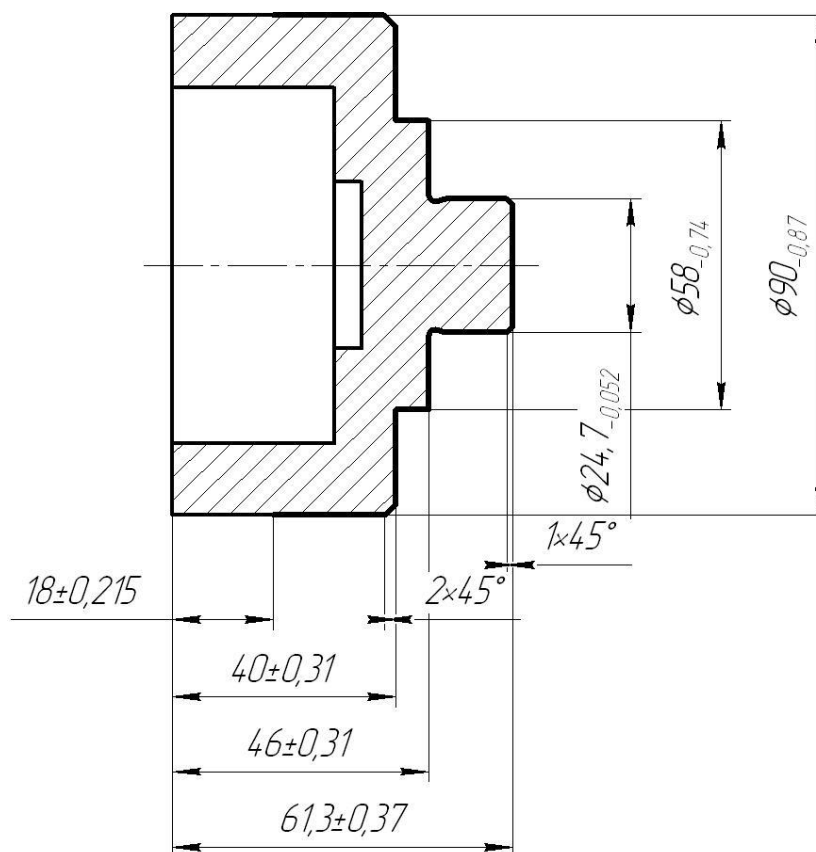


Рисунок 5 – Операционный эскиз

В данном разделе необходимо спроектировать зажимное приспособление для данной операции. В связи с серийностью производства это приспособление должно иметь механизированный привод для того, чтобы облегчить работу оператора токарного станка с ЧПУ и сократить время, затрачиваемое на установку и снятие заготовки.

### 3.2 Силовой расчет

Определим составляющие силы резания

$$\langle P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

где  $C_p$ ,  $n$ ,  $x$ ,  $y$  – коэффициенты и показатели степеней, учитывающие конкретные условия обработки;

$V$  – скорость резания;

$t$  – глубина резания;

$S$  – подача;

$K_p$  – коэффициент учитывающий условия обработки». [27]

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 178^{-0,3} \cdot 0,9 = 76 \text{ , Н.}$$

$$P_{y,z} = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 178^{-0,15} \cdot 0,9 = 151 \text{ , Н.}$$

Определим крутящий момент

$$\langle M_p = \frac{P_z \cdot d_0}{2}, \quad (22)$$

где  $P_z$  – сила резания, Н

$d_0$  – максимальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм». [27]

Схема фиксации заготовки представлена на рисунке 4.

Момент от силы зажима

$$\langle M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (23)$$

где  $W$  – суммарное усилие зажима, приходящееся на три кулачка;

$f$  – коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка;

$d_3 = 60$  мм – диаметр закрепления». [27]



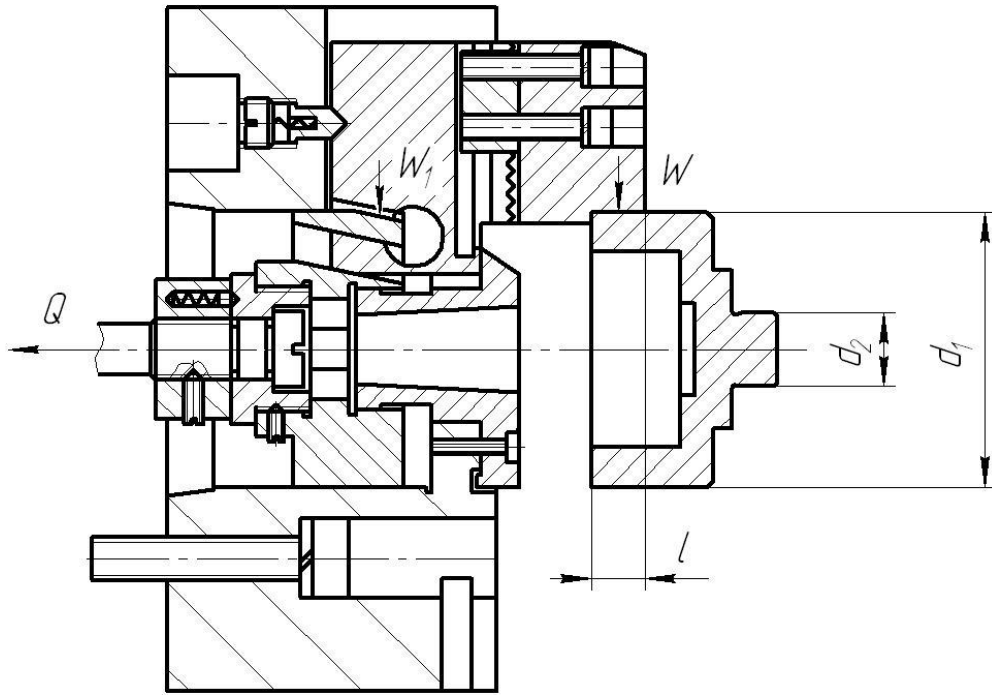


Рисунок 6 - Схема фиксации

Из равенства этих двух моментов получим

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (24)$$

Определим коэффициент запаса  $K$

$$\ll K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (25)$$

где  $K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса

$K_1 = 1,2$  – коэффициент учитывающий, увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки;

$K_2 = 1$  - коэффициент учитывающий, увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании». [27]

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8.$$

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 151 \cdot 90}{0,3 \cdot 24,7} = 6602, \text{ Н.}$$

«Усилие, прикладываемое к кулачкам

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(\frac{3l_k}{H_k}\right) f_1\right)}, \quad (26)$$

где  $l_k$  – вылет кулачка;

$H_k$  – длина направляющей;

$f_1$  – коэффициент трения». [27]

$$W_1 = \frac{6602}{\left(1 - \left(\frac{3 \cdot 62}{80}\right) \cdot 0,1\right)} = 8601 \text{ Н.}$$

«Зажимное усилие

$$Q = \frac{W_1}{i}; \quad (27)$$

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}; \quad (28)$$

где  $\alpha$  – угол скоса клина;

$\varphi, \varphi_1$  – углы трения по наклонной и плоской поверхности клина соответственно». [27]

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(15 + 5^{\circ}50') + \operatorname{tg} 5^{\circ}50'} = 2,1$$

$$Q = \frac{8601}{2,1} = 4096 \text{ Н.}$$

«Диаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (29)$$

где  $P$  – давление;

$d$  – диаметр штока». [27]

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 4096}{0,4} + 30^2} = 89 \text{ мм.}$$

$$D = 90 \text{ мм. [27]}$$

Чертеж зажимного приспособления для закрепления заготовки техпроцесса изготовления фланца промышленного растворосмесителя представлен в графической части.

## 4 Проектирование режущего инструмента

### 4.1 Общие сведения

«Обработка отверстий производится механическими методами с использованием инструментов, а также физико-химическими методами. При лезвийной обработке отверстий наиболее широкое распространение получили сверление, зенкерование, развертывание, растачивание и протягивание. Чистовую и отделочную обработку отверстий осуществляют хонингованием, притиркой, доводкой и другими методами, выполняемыми с применением абразивных и алмазных инструментов, порошков и паст». [1]

«Распространенными процессами обработки сквозных и глухих отверстий являются: сверление, зенкерование и развертывание. Эти процессы выполняются в сочетании двух формообразующих движений: главного движения резания в виде быстрого вращения инструмента или заготовки вокруг оси обрабатываемого отверстия и движения подачи в виде перемещения инструмента или заготовки вдоль оси отверстия. Схемы и элементы сечения среза при сверлении, зенкеровании и развертывании отверстий приведены на рисунке 7». [1]

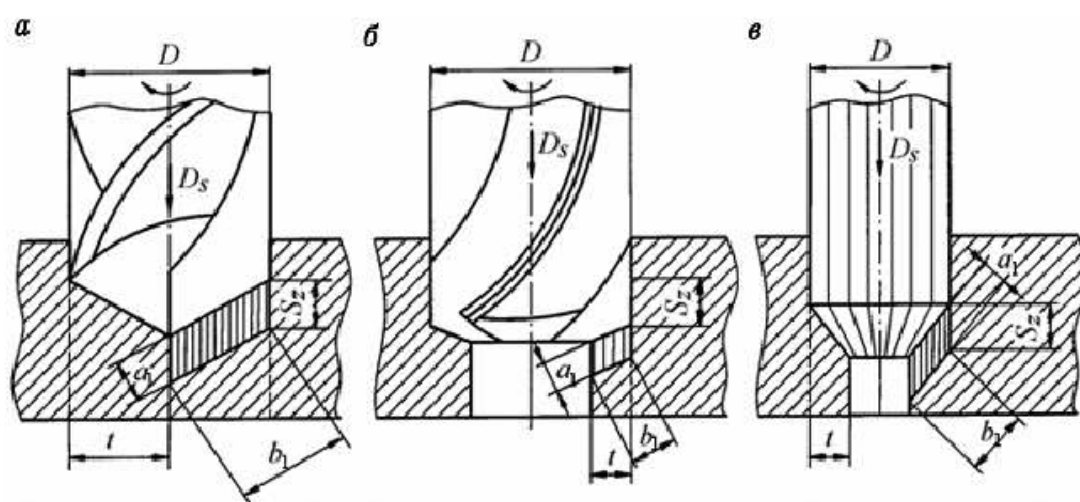


Рисунок 7 – Обработка отверстий осевым инструментом:

а – сверление; б – зенкерование; в – развертывание

«Зенкерование (рисунок 7б) применяется при обработке отверстий в заготовках, предварительно обработанных сверлением или полученных литьем, штамповкой и другими методами». [1]

«При обработке отверстий сверлением, зенкерованием и развертыванием за скорость главного движения принимают окружную скорость точки на максимальном диаметре обрабатываемой поверхности». [1]

«Зенкеры в зависимости от назначения подразделяются на зенковки, зенкеры, цековки (рисунок 8)». [1]

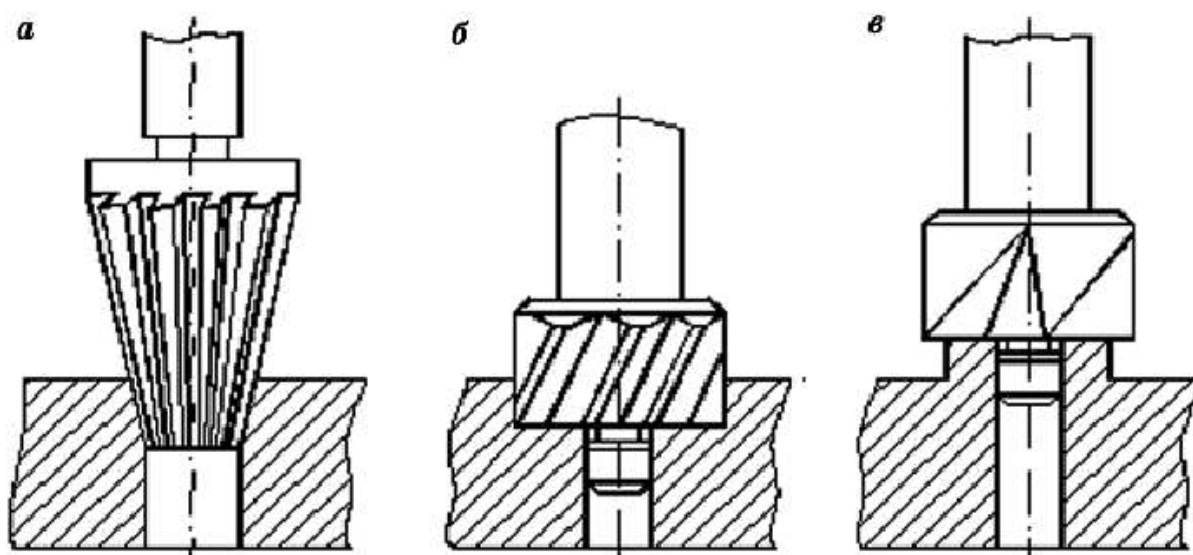


Рисунок 8 – Виды зенкеров

«По способу крепления зенкеры подразделяются на хвостовые (диаметр 12-35 мм) и насадные (диаметр 25-100 мм)». [1]

«Рабочая часть зенкера выполняется из быстрорежущей стали или твердого сплава. В отличие от сверл зенкер имеет большее число зубьев и увеличенный размер сердцевины, благодаря чему повышается его жесткость и обеспечивается лучшее направление в оси отверстия. Диаметр и прямолинейность отверстия, обработанного зенкером, снимающий меньший

по сравнению со сверлением припуск и направляемый по трем и более ленточкам зубьев, имеет более высокую точность». [1]

## 4.2 Проектирование зенковки

Фрезерная операция 030 содержит переход 4, в котором необходимо обработать отверстия под головки винтов, как показано на рисунке 9.

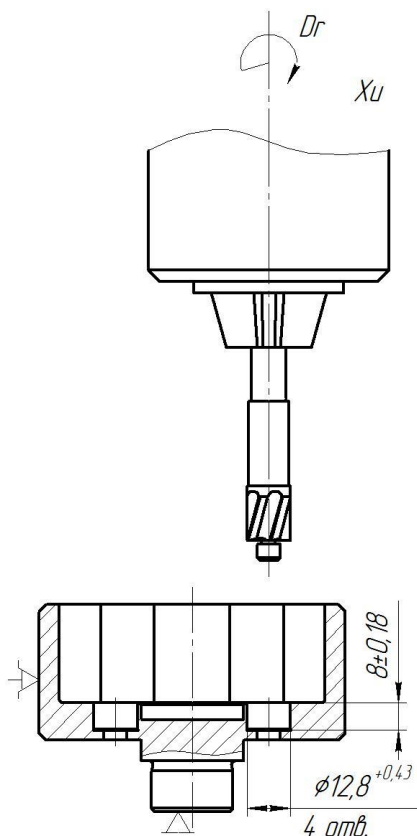


Рисунок 9 – Зенкерование отверстий на операции 030

«Чтобы обеспечить соосность цилиндрического углубления с предварительно обработанным отверстием, зенкеры для цилиндрических углублений снабжаются направляющей цапфой. Она изготавливается как одно целое с зенкером или съемной. Зенкеры со съемной цапфой проще затачивать, так как заточка торцовых зубьев производится при снятой цапфе. У зенкеров же с цапфой, изготовленной как одно целое с корпусом при переточках стачивается и направляющая цапфа». [17]

Зенкеры имеют большее число зубьев, чем сверло. Зенкеры с хвостовиком с относительно небольшими диаметрами выполняют трехзубыми или четырехзубыми.

Принимаем  $Z = 4$ .

Диаметр режущей части зенкера

$$D = D_0 + \frac{1}{2}IT = 12,8 + \frac{1}{2}0,43 = 13,0, \text{ мм.}$$

«У зенкеров из быстрорежущей стали стружечные канавки делаются винтовыми ( $\omega = 10..15^\circ$ ). При обработке же отверстий в чугунном и стальном литье со стороны необработанных поверхностей целесообразно применять твердосплавные зенкеры, которые имеют наклонные стружечные канавки с плоской передней поверхностью. Торцовый зенкер крепится коническим хвостовиком». [17]

Принимаем  $\omega = 15^\circ; \gamma = 15^\circ$ . [17]

В конструкции зенкера выполним двойной задний угол с  $\alpha_1 = 8^\circ; \alpha_2 = 30^\circ$

«Длина зенкера

$$L = L_p + L_n + L_k + L_{ш} + L_x, \quad (32)$$

где  $L_p$  – длина режущей части;

$L_n$  – длина направляющей части, примем;

$L_k$  – длина калибрующей части;

$L_{ш}$  – длина шейки, примем;

$L_x$  – длина хвостовика». [17]

Примем  $L_p = 5; L_n = 6; L_k = 10; L_{ш} = 25; L_x = 40$ . [17]

$$L = 5 + 6 + 10 + 25 + 40 = 86 \text{ мм.}$$

Чертеж зенковки для обработки плоскости под прилегание головок винтов в конструкции шпинделя шлифовального станка представлен в графической части работы.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

В работе рассматривается техпроцесс изготовления фланца промышленного растворосмесителя. В процессе анализа базового варианта техпроцесса нами было принято решение подвергнуть модернизации две технологические операции, ими оказались 015 токарная чистовая операция, выполняемая на токарном станке с ЧПУ модели 16Б20ТМ, и фрезерная операция 030, которая выполняется на многоцелевом станке с ЧПУ модели 6Б610МФ4.

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технологического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также о возникновении пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций. К экологическим рискам следует отнести образующиеся факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, токсичные и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделение опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покровов и т.д.». [4]

«Своевременная идентификация профессиональных рисков, определение степени возникновения производственно-технологического



инцидента на производстве позволит предупредить негативные последствия возникновения рисков, исключить производственные травмы и т.д.». [4]

## **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

В технологическом процессе изготовления фланца промышленного растворосмесителя модернизации подвергаются токарная чистовая операция 015, которая выполняется на токарном станке с ЧПУ модели 16Б20ТМ, и фрезерная операция 030, выполняемая на многоцелевом станке с ЧПУ модели 6Б610МФ4. Токарным станком с ЧПУ, также как и многоцелевым станком управляет оператор, функциями которого является загрузка необработанной заготовки в станочное приспособление, закрепление заготовки в специальное приспособление, закрытие рабочей зоны станка защитным экраном, запуск программы на обработку. После проведения обработки оператор открывает рабочую зону станка, извлекает обработанную заготовку из станочного приспособления и отправляет ее в накопитель.

Режущими инструментами на токарной операции 015 являются контурный резец с твердосплавной пластиной из сплава Т15К6 и канавочный резец из быстрорежущей стали Р6М5.

Режущими инструментами на фрезерной операции являются фреза концевая с режущей частью из твердого сплава ВК6, три сверла спиральных из быстрорежущей стали Р6М5, зенкер из быстрорежущей стали Р6М5 и метчик машинный М8 из быстрорежущей стали Р6М5.

Заготовка изготавливается из легированной конструкционной стали 40Х.

В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) используется масляная жидкость EFELE CF-624, производства отечественной компании «Эффективный элемент», предназначенная для охлаждения при механической обработке различных сталей. Она представляет собой

специально обработанное масло, в которой добавлены различные присадки для придания жидкости специальных технологических и антикоррозионных свойств. В присутствии СОЖ в зоне резания снижается температура нагрева и обрабатываемого материала и режущего инструмента, а это снижает интенсивность износа инструмента и предотвращает изменение механических свойств обрабатываемого материала.

## **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

«Опасная зона – это пространство, в котором постоянно действует или периодически возникает производственный фактор, опасный для жизни и здоровья людей. Опасная зона может появиться вокруг движущихся, вращающихся элементов, вблизи грузов, перемещаемых подъемно-транспортными машинами. Наличие опасной зоны может быть связано с опасностью поражения электрическим током, с отравлением ядовитыми веществами, возникновением пожаров и так далее. При выборе средств защиты и безопасного места людей при выполнении машинами различных технологических операций наиболее важным условием является установление границ (размеров) опасной зоны. Повышение уровня безопасности осуществляется путем совершенствования машин, оборудования, объектов, технологических процессов уже на стадии их проектирования и подготовки высококвалифицированного обслуживающего персонала». [22]

На токарном станке с ЧПУ модели 16Б20ТМ (рисунок 10) выполняется токарная чистовая операция.

Оператор токарного станка устанавливает заготовку в приспособление, закрывает защитный экран на станке, чтоб образующаяся стружка не повредила ткани и глаза оператора. Затем оператор включает станок для обработки и тот выполняет обработку по заранее заданной программе ЧПУ.



Рисунок 10 – Токарный станок с ЧПУ модели 16Б20ТМ

На многофункциональном станке с ЧПУ модели 6Б610МФ4 (рисунок 11) выполняется операция фрезерования. Оператор фрезерного станка, также как и оператор токарного станка, устанавливает в приспособление заготовку, закрывает защитный экран на станке, чтоб образующаяся стружка не повредила ткани и глаза оператора. Затем оператор включает станок для обработки и тот выполняет обработку по заранее заданной программе ЧПУ.

Во время проведения обработки оператор станка обязан лишь следить за происходящим, чтоб не было никаких сбоев у отработки программы. При возникновении каких-либо технических отклонений оператор должен отключить работу станка.

Следующим опасным и вредным производственным фактором является испарение смазочно-охлаждающей жидкости. [14]

Зона обработки на многофункциональном станке с ЧПУ модели 6Б610МФ4 (рисунок 11) является закрытой, поэтому брызги СОЖ могут загрязнять экологическую ситуацию на рабочем месте лишь самотеком, вытекая из зоны обработки при открытии створок, закрывающих рабочую зону.



Рисунок 11 – Многофункциональный станок с ЧПУ модели 6Б610МФ4

Для установки заготовки на токарной чистовой операции 015 нами в работе спроектирован трехкулачковый самоцентрирующий патрон клинового типа, имеющий пневмопривод. Оператору, вставив заготовку в это приспособление, необходимо лишь нажать на кнопку для включения пневмопривода приспособления, чтобы запустить пневматическую систему на зажим. За счет механизации этого приспособления работа оператора токарного станка модели 16Б20ТМ стала более легкой, снимается возможность возникновения опасных производственных факторов, связанных с необходимостью механического зажима заготовки в приспособлении. Это мероприятие делает работу оператора станка более безопасной и уменьшает вспомогательное операционное время, что снижает производственные затраты.

«Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества». [22]

В процессе обработке заготовок на металлорежущих станках, включая токарный станок с ЧПУ модели 16Б20ТМ и многофункциональный станок с ЧПУ модели 6Б610МФ4, возникают продукты отхода в виде металлической стружки. [7]

### **5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

После завершения механической обработки партии заготовок необходимо проводить влажную уборку производственного помещения.

Металлическую стружку, образующуюся в накопителе станка, необходимо удалять из зоны обработки. Это касается и токарного станка и многофункционального. Данную работу делает оператор станка. При этом может возникнуть опасность поражения тканей кожного покрова оператора стружкой. Поэтому для удаления из зоны резания металлической стружки оператор должен использовать специальное приспособление - крючок.

Для централизованного сбора металлической стружки на машиностроительных предприятиях используют специальные контейнеры. По мере заполняемости этих контейнеров специальные службы увозят собранную металлическую стружку для утилизации и переработки для изготовления новых деталей.

Для минимизации возможного воздействия электрического тока на операторов станков с ЧПУ необходимо, чтобы у каждого металлообрабатывающего оборудования было заземление. Это снизит вероятность образования статического электричества. Также у каждого оператора станка под ногами должен быть резиновый диэлектрический коврик ГОСТ 4997-75 [10].

Для снижения влияния паров СОЖ на оператора станка в производственном цехе на участке должна быть организована вентиляция. Данные требования регулируются ГОСТ Р ЕН 13779-2007 [14].

СОЖ после подачи в зону обработки должна отводиться по специальным каналам, далее очищаться от загрязнений и использоваться заново для охлаждения зоны обработки. [14]

#### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности**

«Пожары и взрывы представляют собой сложные физико-химические процессы, которые генерируют широкий спектр опасных и вредных производственных факторов. К ним относятся пламя, высокая температура поверхностей и воздуха, ядовитые газы, дым, излучение, взрывы, обрушения горящих зданий, падающие предметы и другие». [22]

«Пожарная безопасность решает 4 задачи, непосредственно связанные с профилактикой и тушением пожаров: предупреждение пожаров, локализация пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожаров». [22]

«Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов служат исходными данными для определения категории производства и разработки систем обеспечения пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-85 [5] и ГОСТ 12.1.010-76 [6]». [22]

«Одним из основных показателей пожаробезопасности, применяемых при классификации способности к горению веществ и материалов, является группа горючести». [22]

При производстве партии цанг фланцев на токарном станке с ЧПУ модели 16Б20ТМ и многофункциональном станке с ЧПУ модели 6Б610МФ4 используется смазочно-охлаждающая жидкость EFELE CF-624, которая является масляной жидкостью, изготовленная из нефтепродуктов. Она в процессе использования может воспламениться, что в конечном итоге может привести к образованию пожара.

Это относится к классу пожара В: пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов.

Если по каким-то причинам возник пожар оператору станка с ЧПУ необходимо выключить работу станка, при этом выключится поступление горючей жидкости в зону воспламенения. Для предотвращения возгорания рекомендуется использовать переносные огнетушители ГОСТ Р 51057-2001 [13] или пожарные напорные рукава ГОСТ Р 51049-2019 [12]. При этом из сопла под напором будет подаваться пена. Необходимо направить этот поток в очаг возгорания, при этом кислород перестанет поступать в зону горения и пожар прекратится.

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

«Экологическая безопасность — это состояние защищенности окружающей среды (ОС), жизненно важных интересов человека и его здоровья от возможного отрицательного воздействия хозяйственной или иной деятельности предприятия, чрезвычайной ситуации техногенного или другого характера. Это понятие включает в себя контроль за ОС, разработку и внедрение мер, которые исключают возникновение катастроф и других опасностей для природной среды». [22]

Негативным экологическим фактором при работе на станках с ЧПУ, использующими СОЖ, является загрязнение рабочего места оператора парами смазочно-охлаждающей жидкости. Для снижения воздействия этих паров на дыхательную систему оператора станка необходимо правильная организация на рабочем месте системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

В процессе обработки возникают отходы в виде металлической стружки. Данные отходы производства необходимо правильно утилизировать. На предприятиях машиностроения стружку принято собирать в контейнеры, а затем эту стружку перемещают на специальные участки, где подвергают прессованию и переплавке для изготовления новых заготовительных материалов.

Эти мероприятия осуществляются с одной стороны для улучшения экологической ситуации на рабочем месте, а с другой стороны для экономии ресурсов, в частности для экономии металла – ценной конструкционной легированной стали 40Х.

В этом разделе нами проанализированы модернизированные операции чистового точения и фрезерования заготовки для изготовления фланца промышленного растворосмесителя, которые осуществляются на токарном станке с ЧПУ модели 16Б20ТМ и многофункциональном станке с ЧПУ модели 6Б610МФ4. При этом возникают опасные и вредные производственные факторы, которые нами были описаны в разделе. Для снижения воздействия этих факторов на организм операторов станков с числовым программным управлением, а также на экологическую ситуацию на рабочем месте и в цехе нами предложены мероприятия, которые уменьшат воздействие таких факторов и приведут к улучшению экологической ситуации на рабочем месте в частности и на предприятии в целом.

Также в данном разделе проанализирована пожарная ситуация на рабочем месте операторов станков с числовым программным управлением, определен класс возможного пожара и предложен перечень противопожарного оборудования, которым необходимо обеспечить рабочее место.



## 6 Экономическая эффективность

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления фланца промышленного растворосмесителя. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 12).

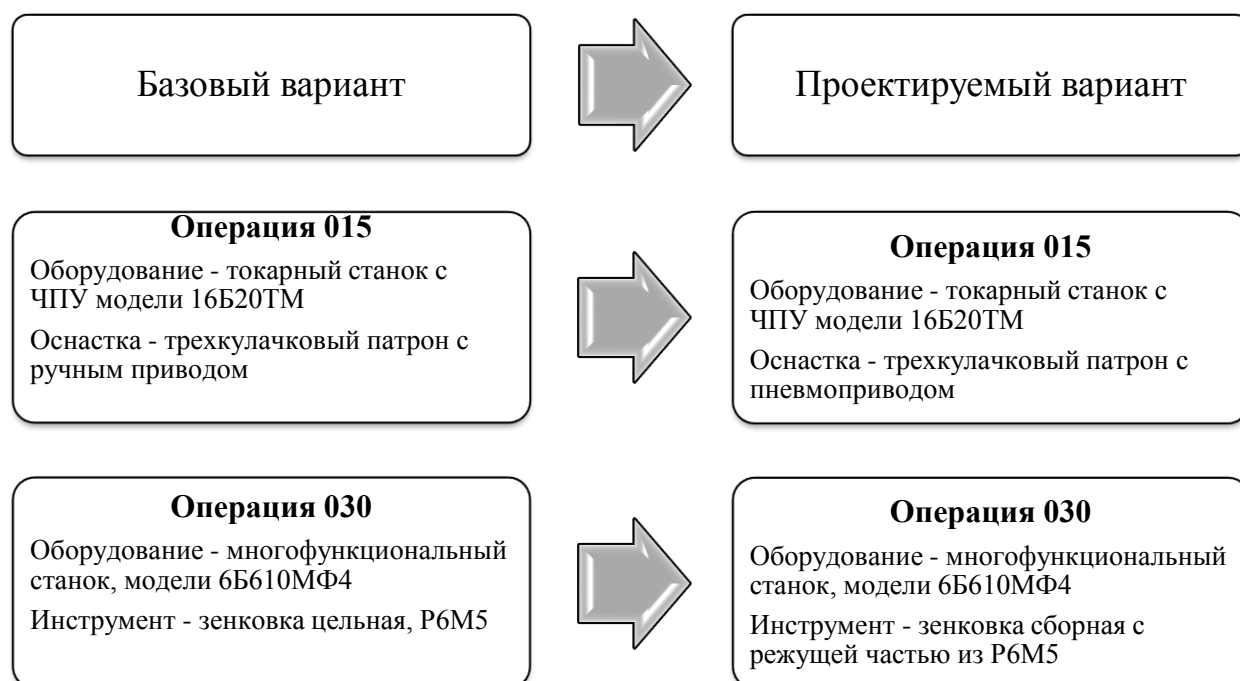


Рисунок 12 – Краткое описание внесенных в технологический процесс изменений

Как видно из рисунка 12, благодаря внесенным изменениям удалось достичь сокращения операционного времени, а следовательно уменьшения трудоемкости их выполнения. В совокупности, все изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 1,17 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 13.

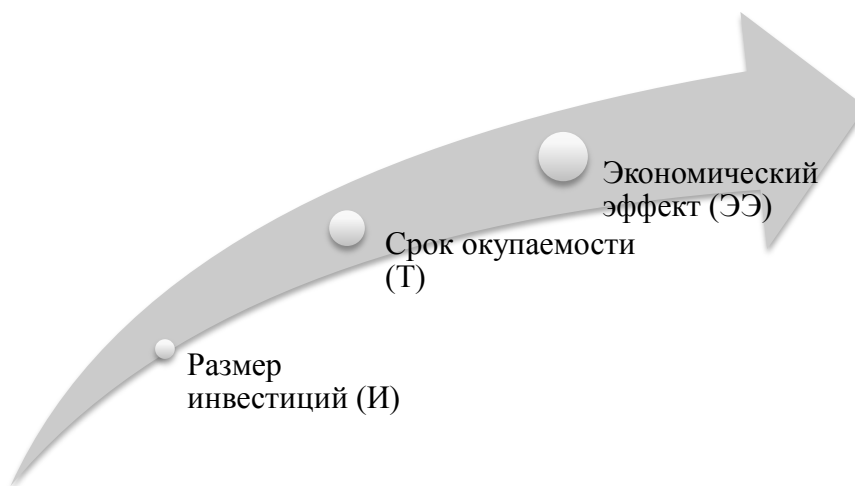


Рисунок 13 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 13, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [19], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 14.

Как видно из рисунка 14, весомую долю в инвестициях занимают затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ ), которые составляют 68,13 % от размера всех инвестиций. Кроме затрат на проектирование, предприятию необходимо будет осуществить существенные финансовые вложения в такую статью затрат, как «оснастка и инструмент ( $K_{ОИ}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций составит 19,05 %, а это обосновывается необходимостью оснащения операций режущим инструментом и станочной оснасткой. Все

остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают.

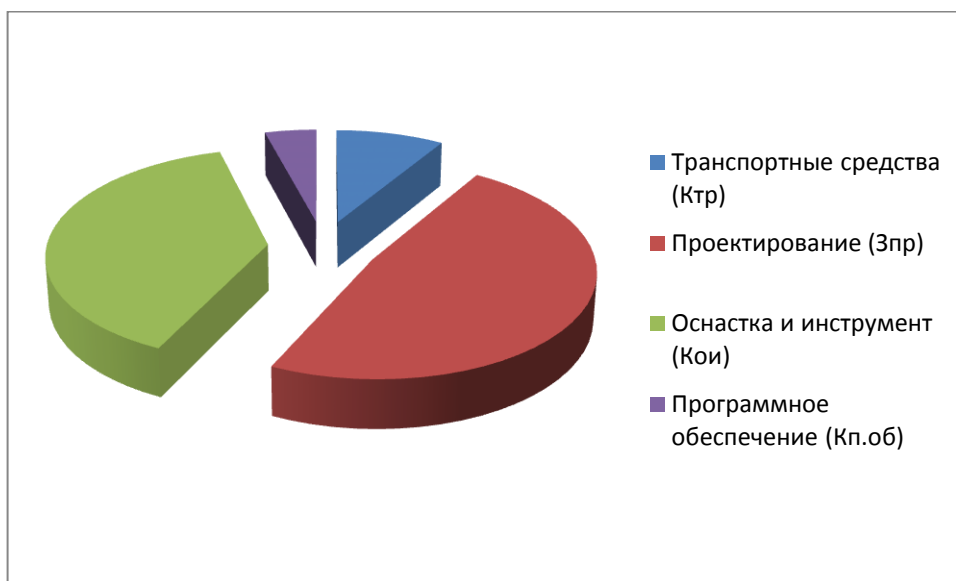


Рисунок 14 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле

$$T = \frac{I}{P_{\text{ЧИСТ}}} + 1 \quad (33)$$

где « $P_{\text{ЧИСТ}}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [19]

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 112,30$  руб. и  $C_2 = 104,78$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $P_r = 10\,000$  шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [19] с применением программного обеспечения,

такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (33) можно представить в развернутом формате в виде

$$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot ПГ \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1 \quad (34)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [19]

$$T = \frac{58675,07}{(112,30 - 104,78) \cdot 10000 \cdot (1 - 0,2)} + 1 = 1,975 = 2 \text{ года}$$

Экономический эффект определяется по формуле (35), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T П_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I \quad (35)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета»

[19]

$$\text{ЭЭ} = \left( 40898 \cdot \left( \frac{1}{(1 + 0,2)^1} + \frac{1}{(1 + 0,2)^2} \right) \right) - 58675,07 = 3807,98$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 3807,98 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

## Заключение

В результате проделанной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления фланца растворосмесителя.

На первом этапе работы нами описана конструкция промышленного растворосмесителя в целом и работа фланца в узле, выполнена классификация поверхностей фланца и обозначены наиболее важные поверхности. Далее рассмотрен материал, из которого изготовлен фланец, проведен анализ физико-механических свойств материала, а также рассмотрен вопрос технологичности конструкции фланца.

В технологической части работы выбран тип машиностроительного производства для изготовления фланца им оказалось среднесерийное производство и описаны особенности данного типа производства. Из двух наиболее подходящих типов заготовительного производства с помощью технико-экономического расчета принята штамповка. На самую точную поверхность фланца растворосмесителя выполнен расчет припусков. Далее спроектирован технологический процесс изготовления фланца растворосмесителя и рассчитаны режимы резания на некоторые операции.

Для закрепления заготовки на токарной чистовой операции нами спроектирован патрон трехкулачковый. В отличие от патрона из базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет механизированный пневматический привод, что упрощает работу оператора станка и сокращает вспомогательное время на операции. Это принесло экономическую выгоду.

Для фрезерной многоинструментальной операции техпроцесса изготовления фланца растворосмесителя спроектирована конструкция зенкера для обработки плоскостей под головки винтов. Направляющая цапфа зенкера выполнена отдельным элементом и имеет возможность съема. Это приведет к тому, что зенкер можно использовать с другой направляющей цапфой для обработки другой детали. При такой конструкции заточку зенкера проводит проще.

## Список используемой литературы

1. Безъязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-механической обработки в машиностроении : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, В.К. Крылов, Ю.К. Чарковьский, Е.В. Шилков. – 4-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.
2. Белокопытова Е.С. Металлографический анализ конструкционных материалов авиационного назначения : учебное пособие / Е.С. Белокопытова, И.В. Солдатенко. – М. : Изд-во МАИ, 2022. – 88 с.
3. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков : учеб. пособие / А.Ф. Бойко, А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, М.Н. Воронкова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 264 с.
4. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
5. ГОСТ 12.1.004-85. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. – 83 с.
6. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. – 5 с.
7. ГОСТ 12.3.025-80. Система стандартов безопасности труда. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – 15 с.
8. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 10 с.
9. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
10. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
11. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.

12. ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 23 с.
13. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 32 с.
14. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. – 82 с.
15. Жданов А.Г. Машины и оборудование для строительства фундаментов и дорожных покрытий : конспект лекций / А.Г. Жданов, В.Н. Самохвалов. – Самара : СамГУПС, 2014. – 139 с.
16. Клепиков В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схортладзе. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. – 319 с.
17. Кожевников Д.В. Режущий инструмент : учебник для вузов / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев, А.Г. Схиртладзе; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – 5-е изд., стереотип. – М. : Инновационное машиностроение, 2022. – 520 с.
18. 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.
19. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 184 с.
20. Петрушин С.И. Технология машиностроения с экономическими расчетами : учеб. пособие / С.И. Петрушин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – 214 с.

21. Петухов С.В. Справочник мастера машиностроительного производства : учебное пособие / С.В. Петухов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 352 с.
22. Попов А.А. Производственная безопасность : учебное пособие / под. общ. ред. А.А. Попова. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.
23. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
24. Руднева Л.Ю. Технологии автоматизированных производств : методические указания / Л.Ю. Руднева, И.Ю. Зайцев. – М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2021. – 107 с.
25. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 756 с.
26. Чигринова Н.М. Конструкторско-технологическое обеспечение производства : учебно-методическое пособие / Н.М. Чигринова, О.В. Дьяченко. – Минск : БНТУ, 2022. – 125 с.
27. Шишкин В. П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 288 с.
28. Ямников А.С. Расчет припусков и проектирование заготовок : учебник для вузов / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под. ред. А.С. Ямникова. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 328 с.
29. Kanyalkar, A. P., & Adil, G. K. (2010). A robust optimisation model for aggregate and detailed planning of a multi-site procurement-production-distribution system. *International Journal of Production Research*, 48(3), 635-656.
30. Sarwar, M., Persson, M., Hellbergh, H., & Haider, J. (2010). Forces, wear modes, and mechanisms in bandsawing steel workpieces. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 224(11), 1655-1662.



31. Slocum, A. (2010). Kinematic couplings: A review of design principles and applications. *International journal of machine tools and manufacture*, 50(4), 310-327.
32. Wagri, N. K., Petare, A., Agrawal, A., Rai, R., Malviya, R., Dohare, S., & Kishore, K. (2022). An overview of the machinability of alloy steel. *Materials Today: Proceedings*, 62, 3771-3781.
33. Yusubov, N. D., & Abbasova, H. M. (2020). Models for machining accuracy in multi-tool adjustment. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 17(3), 8067-8085.







