

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления вала коробки скоростей
дробилки Титан Д-160

Студент	<u>В.О. Леднев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент Н.Ю. Логинов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Леднев Владлен Олегович. Технологический процесс изготовления вала коробки скоростей дробилки Титан Д-160. Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа). Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2018. 63 с.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования техпроцесса изготовления детали «вала коробки скоростей дробилки Титан Д-160» для среднесерийного типа производства.

Проведено исследование теплообмена при обработке резанием. Построена ее математическая модель, которая впервые для процессов резания учитывает нестационарность процесса теплообмена. Использован классический метод, сущность которого заключается в том, что производные в дифференциальном уравнении теплопроводности заменяются с помощью конечных разностей в отдельных узлах теплового поля. В итоге зависимость приводится к виду, где прогнозируемая температура в некоторой узловой точке, которая рассматривается, является функцией времени, текущей температуры и температуры в соседних точках. Таким образом, математическая модель воспроизводит физические явления при резании и имеет одну первичную эмпирическую зависимость - зависимость составляющей P_z силы резания от режима и условий резания.

ABSTRACT

Vladlen O. Lednev. Manufacturing process shaft gearbox crusher Titan D-160. Final qualifying work (bachelor's work). Tolyatti. Togliatti state University, 2018. 63 p.

In the final qualifying work (WRC) considered the design of the manufacturing process details "shaft gearbox crusher Titan D-160" for medium-range type of production

The study of heat exchange in the processing of cutting. Its mathematical model is constructed. The mathematical model for the first time takes into account the non-stationarity of the heat exchange process. The classical method is used. The essence of the method lies in the fact that the derivatives in the differential equation of thermal conductivity are replaced by finite differences. This occurs in the individual nodes of the temperature field. As a result, the calculated ratio is given to the form where the future temperature at a certain node point is a function of time, current temperature and temperature at neighboring points. Thus, the mathematical model reproduces the physical phenomena during cutting. The mathematical model has one primary empirical dependence-the dependence of the cutting force component P_z on the mode and cutting conditions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Исходные данные	6
2 Технологическая часть работы	11
3 Проектирование системы автоматического управления	26
4 Научные исследования	33
5 Безопасность и экологичность технического проекта	43
6 Экономическая эффективность работы	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	53
ПРИЛОЖЕНИЯ	56

ВВЕДЕНИЕ

В начале существенного повышения роли машиностроения в общественном развитии человечества возникла потребность досконального изучения процессов, которые происходят в процессе резания. Были проведенные целые серии исследований, возникли новые научные школы, благодаря работам которых было устранено много белых пятен из этой области знаний. Был достигнут достаточно высокий уровень изучения процесса, получены в известной мере адекватные математические модели многих его характеристик.

Наука «Теория резания» за время своего существования имела период бурного развития и теперь можно констатировать постепенное уменьшение научных исследований именно в этой области. Такой ход развития этой науки исторически полностью отвечает развитию машиностроения и в частности металлообработки резанием, потому что всегда практические потребности стимулируют развитие определенной области знаний.

1 Исходные данные.

Целью раздела является с помощью анализа исходных данных, как технологичности деталей, так и базовых технологических процессов, сформировать те задачи выпускной квалификационной работы, решение которых приведет к поставленной цели.

Анализ служебного назначения и условия работы детали.

Данная деталь – вал коробки скоростей дробилки Титан Д-160 предназначена для преобразования крутящего момента. Вал выполнен из стали 40Х ГОСТ 43445-71.

Данная деталь работает в режиме небольших нагрузок, ее изнашивание происходит медленно. При изготовлении детали особое внимание следует обратить на уровень внутренних напряжений в материале детали, а также на точность обработки исполнительных поверхностей и поверхности, которые являются основными конструкторскими базами.

Систематизация поверхностей детали.

Целью процедуры систематизации поверхностей проектируемого вала является определение особо значимых поверхностей, на которых лежит служебное назначение вала для выполнения своих функций. Классификацию поверхностей по служебному назначению сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация служебных поверхностей в зависимости от их служебного назначения

Вид поверхности	№ поверхности
ИП	24, 23, 17, 27, 21, 19, 20
ОКБ	2, 5
ВКБ	25,26, 16, 14, 15, 10 , 31, 22
СП	ВСЕ ОСТАЛЬНЫЕ

Анализ чертежа детали.

Анализ чертежа вала проведем для того, чтобы убедиться в обоснованности и правильности заданных требований. Эти требования необходимы при разработке техпроцесса изготовления вала и должны отвечать его назначению и условиям работы.

Проанализировав чертеж детали делаем следующие выводы:

- Требования, исходя из назначения детали обоснованы.
- Требования на чертеже заданы в полном объеме.
- Все требования на чертеже проставлены верно.
- Верно назначены шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Определение припусков и проектирование заготовки.

Решение задачи анализа по технологичности вала сводится к возможности уменьшения себестоимости с помощью совершенствования конструкции вала.

Определим критерии технологичности вала как технологичность:

- а) заготовки;
- б) конструкции детали;
- в) базирования и закрепления;
- г) обработки поверхностей.

Технологичность заготовки.

За заготовку возьмем прутки $\varnothing 50 \times 2500$, материал прутка сталь 40Х ГОСТ 43445-71. Материал заготовки хорошо обрабатывается, имеет достаточную твердость, низкую стоимость. Получают заготовку путем отрезки прутка на фрезерно-отрезном полуавтомате 8В66.

Общая технологичность конструкции детали.

Анализ конструкции вала на технологичность представляет собой целый комплекс мероприятий. Направлен он на обеспечение необходимого уровня технологичности конструкции вала по заранее установленным показателям. В конечном итоге все предлагаемые мероприятия должны быть направлены на повышение производительности труда. А также особое значение имеет решение задач, связанных со снижением затрат и сокращением времени на изготовление. Причем необходимо сохранить требуемое качество изделия.

Таким образом, предлагаемая унификация значительно упростит механическую обработку и контроль составляющих элементов муфты.

Для обработки данной детали можно применит универсальное оборудование. Так же можно применить универсальную оснастку.

Все поверхности вала доступны для контроля. Технологичность конструкции определяется, как приспособленностью ее к изготовлению, так и эксплуатации и ремонту. При этом анализ технологичности детали должен выполняться с учетом следующих критериев:

- а) критерий, характеризующий, как технологичность базирования, так и технологичность закрепления.
- б) критерий, характеризующий технологичность поверхности при механической обработке.

Как известно, правильно выбранная схема базирования детали позволяет осуществить надежную фиксацию заготовки при обработке, вести обработку с использованием специальных люнетов, исключая пластическую деформацию поверхностного слоя детали, что повышает качество готового изделия.

Анализ технологичности базирования и закрепления детали.

Центровые отверстия представляют собой надежные базы для установки детали в процессе обработки. Основные, измерительные и вспомогательные базы для выбранных операций указаны на плане изготовления.

Анализ технологичности обрабатываемых поверхностей.

Анализ технологичности поверхностей при механической обработке показывает возможность их обработки на проход, имеется возможность выхода инструмента, вообще конструкцию детали предполагает использование типового технологического процесса, но он не может обеспечить высоких эксплуатационных характеристик готового изделия.

Обобщая данные показателей, приходим к выводу, что деталь – вал обладает не высокой степенью технологичности.

2 Технологическая часть работы.

Определение исходных параметров ТП.

Задача этого раздела сводится в зависимости от проектируемого вала и программы выпуска определить тип производства, с помощью чего в дальнейшем определиться с оптимальной стратегией разработки ТП.

Определение типа производства.

По трудоемкости изготовления данный вал можно отнести к деталям со средней трудоемкостью изготовления. Массу вала, выполненного из стали 40Х ГОСТ 43445-71 определим по формуле:

$$G = \rho \cdot V \quad (2.1)$$

где: $\rho = 7.83 \text{ г} / \text{см}^3$ – плотность стали 10

$V = 2465.2 \text{ см}^3$ – объем детали

Подставим полученные данные в формулу (2.1):

$$G = 7.83 \text{ г} / \text{см}^3 \cdot 2465.2 \text{ см}^3 = 19302 \text{ г} = 19.3 \text{ кг}$$

По таблице для массы $G = 19.3 \text{ кг}$ и программы выпуска 1000 деталей имеем мелкосерийное производство.

Выбор стратегии разработки ТП.

Для мелкосерийного производства применяем переменную-поточную форму организации ТП, при периодическом повторении партий.

Заготовку изготавливают из проката, имеются значительные припуски на обработку, которые рассчитываются по переходам.

ТП разрабатывается на основе типового ТП изготовления детали – вал коробки скоростей дробилки Титан Д-160.

Для обработки деталей применяют универсальное и специальное оборудование, стандартный РИ, специализированную оснастку и универсальные средства контроля, для обеспечения высокой точности обработки может применяться активный контроль.

Режимы резания определяются по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам.

В данном ТП участвуют рабочие преимущественно высокой квалификации, при значительном использовании достижений науки и техники.

Анализ известных и разработка нового технологического маршрута.

Таблица 2.1 – Выбор маршрута обработки поверхностей

№ поверхности	Переходы	№ Операций
1	токарная отрезная – термическая – токарная отрезная	45,40,10
2	токарная – токарная чистовая – термическая – шлифовальная – шлифовальная чистовая	35,15,55,40,60
3	токарная отрезная – термическая	40,20
4	токарная – токарная чистовая – токарная отрезная	25,20,40
5	токарная – термическая – токарная отрезная	20,40,45
6	токарная – термическая	40,20
7	токарная – токарная чистовая – термическая – шлифовальная – шлифовальная чистовая	25,55,40,20,65
8	токарная – токарная чистовая – термическая – шлифовальная – шлифовальная чистовая	55,15,40,60,35
9	токарная – термическая	40,20
10	токарная – термическая	40,15
11	Резьботокарная – термическая – резьботокарная (колибрование профиля резьбы)	70,30,40
12		

Таблица 2.2 – Определение маршрута выполняемых операций.

№ операции	Название операции по ГОСТ
00	Заготовительная
10	Токарная
20	Токарная
30	Токарная чистовая
40	Токарная чистовая
50	Фрезерная
60	Резьботокарная
70	Резьботокарная
80	Термическая
85	Токарная отрезная
90	Шлифовальная
100	Шлифовальная
110	Шлифовальная чистовая
120	Шлифовальная чистовая
130	Резьботокарная
140	Проточная
150	Контрольная
85	Антикоррозийная смазка

План обработки.

План обработки вала показан в графической части

Выбор средств технологического оснащения (СТО).

В разделе ставится задача, которая заключается в выявлении выбора для каждой проектируемой операции необходимого оборудования, приспособлений, инструмента и средств контроля. СТО должны быть такими, чтобы обеспечить минимальные затраты на обработку, но при этом в обязательном порядке выполнялись требования к качеству обработки, задаваемых чертежом изготавливаемого вала.

Таблица 2.3 – Средства технологического оснащения

№	Опера ция	Оборудовани е	Приспособлени е	Инструмен т	Измерительно е средство
1	2	3	4	5	6
10	Токар ная	1К62ВФ3 РМЦ – 3000 (токарный станок с ЧПУ)	Люнет само центрирующий, 7160–0002 МН4050–02 (поводковый патрон)	Отрезной резец (ГОСТ 18878–73)	ШЦ–1 (штангенцирк уль) ГОСТ 6507–78
15 (20)	Токар ная	1К62ВФ3 РЦМ–3000 (токарно- винторезный станок с ЧПУ)	Центры ГОСТ 8742–62 Люнет специальный 7160–0002 МН4050–02 (поводковый патрон)	Проходной резец (ГОСТ 18878–62), Фасонный резец Т30К4	ШЦ–1 (штангенцирк уль) ГОСТ 6507–78

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
25 (35)	Токарная чистовая	1К62ВФ3 РЦМ-3000 (токарно-винторезный станок с ЧПУ)	Центры ГОСТ 8742-62 Люнет специальный 7160-0002 МН4050-02 (поводковый патрон)	Проходной резец (ГОСТ 18878-62)	ШЦ-1 (штангенциркуль) ГОСТ 6507-78, К-50 (микрометр М) ГОСТ 6507-78
45	Резьботокарная	1К62ВФ3 РЦМ-3000 (токарно-винторезный станок с ЧПУ)	Центры ГОСТ 8742-62 Люнет специальный 7160-0002 МН4050-02 (поводковый патрон) Вихревая головка для нарезания резьбы 7910-4001	Резьбонарезной резец Т30К4 (ГОСТ 18878-73)	Резьбовой калибр
50 (55)	Токарная	1К62ВФ3 РЦМ-3000 (токарно-винторезный станок с ЧПУ)	Патрон трехкулачковый ГОСТ 8742-75 Люнет специальный	Резец отрезной ГОСТ 18878-73	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
60 (65)	Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3А164 РЦМ-2000	Центры ГОСТ 13214-67 Люнет специальный Патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	Круг шлифовальный 3П 200×25×80 24А16С27К 5	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78
60 (65)	Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3А164 РЦМ-2000	Центры ГОСТ 13214-67 Люнет специальный Патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	Круг шлифовальный 3П 200×25×80 24А10С27К 5	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78
70	Резьботокарная	Винторезный станок высокой точности 1622 РЦМ-2500	Центры ГОСТ 13214-67 Люнет специальный подвижный Патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	Резец резьбонарезной ГОСТ 18878-73 Т30К4	Резьбовой калибр

Определение припусков и проектировка заготовки.

Рассчитаем необходимые припуски на обработку.

Рассчитаем припуски для поверхности «7» – это основная конструкторская база, $\varnothing 44h6(^0_{-17})$

Таблица 2.4 – Таблица припусков

№ перехода	Наименование перехода	Точность		Составные припуски, мм.			Припуск, мм.		Размеры, мм.	
		кв	Td, мм.	a, мм.	Δ , мм.	ε , мм.	Z _{min} , мм.	Z _{max} , мм.	D _{min} , мм.	D _{max} , мм.
0	Заготовительная	14	0.62	0.41	0.16	0	—	—	45.679	46.299
1	Токарная	12	0.25	0.1	0.063	0.04	0.575	0.76	44.529	44.779
2	Токарная чистовая	9	0.062	0.05	0.016	0.025	0.168	0.262	44.193	44.255
ТО	Высокотемпературный отпуск	10	0.1	0.074	0.025	0	—	—	—	—
3	Шлифовальная	8	0.039	0.03	0.01	0.01	0.069	0.081	44.055	44.094
4	Шлифовальная чистовая	6	0.017	0.02	0.004	0.005	0.036	0.047	43.983	44

Параметры припуска – a, Δ будем рассчитывать для каждого перехода с помощью таблиц

$a = R_z + h$ – сумма высоты неровностей профиля.

Δ – суммарное отношение формы и расположения поверхностей.

Примем: $\Delta = 0.25IT$.

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении.

Примем: $\varepsilon = 0$.

Определим минимум для расчетного припуска:

$$Z_i \text{ min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.2)$$

Определим значения минимумов припусков по формуле (2.2)

$$Z_1 \text{ min} = 0.41 + \sqrt{0.16^2 + 0.04^2} = 0.575 \text{ мм}$$

$$Z_2 \text{ min} = 0.1 + \sqrt{0.063^2 + 0.025^2} = 0.168 \text{ мм}$$

$$Z_3 \text{ min} = 0.05 + \sqrt{0.016^2 + 0.1^2} = 0.069 \text{ мм}$$

$$Z_4 \text{ min} = 0.03 + \sqrt{0.004^2 + 0.005^2} = 0.036 \text{ мм}$$

Определим минимум диаметра:

$$D_{\leftarrow i} \text{ min} = D_i \text{ min} + 2Z_i \text{ min} \quad (2.3)$$

$$D_3 \text{ min} = D_4 \text{ min} + 2Z_4 \text{ min} = 43.983 + 2 \cdot 0.036 = 44.055 \text{ мм}$$

$$D_2 \text{ min} = D_3 \text{ min} + 2Z_3 \text{ min} = 44.055 + 2 \cdot 0.069 = 44.193 \text{ мм}$$

$$D_1 \text{ min} = D_2 \text{ min} + 2Z_2 \text{ min} = 44.193 + 2 \cdot 0.168 = 44.529 \text{ мм}$$

$$D_0 \text{ min} = D_1 \text{ min} + 2Z_1 \text{ min} = 43.529 + 2 \cdot 0.575 = 44.679 \text{ мм}$$

Определим максимум диаметра для каждого перехода:

$$D_i \text{ max} = D_i \text{ min} + IT_i \quad (2.4)$$

$$D_0 \max = D_0 \min + IT_0 = 45.679 + 0.62 = 46.299 \text{ мм}$$

$$D_1 \max = D_1 \min + IT_1 = 45.529 + 0.25 = 44.779 \text{ мм}$$

$$D_2 \max = D_2 \min + IT_2 = 44.193 + 0.062 = 44.255 \text{ мм}$$

$$D_3 \max = D_3 \min + IT_3 = 44.055 + 0.039 = 44.094 \text{ мм}$$

$$D_4 \max = D_4 \min + IT_4 = 43.983 + 0.017 = 44 \text{ мм}$$

Определим максимум для значения припуска:

$$Z_i \max = 0.5 \cdot (D_{i-1} \max - D_i \max) \quad (2.5)$$

$$Z_1 \max = 0.5 \cdot (D_0 \max - D_1 \max) = 0.5 \cdot (46.299 - 44.779) = 0.76 \text{ мм}$$

$$Z_2 \max = 0.5 \cdot (D_1 \max - D_2 \max) = 0.5 \cdot (44.779 - 44.255) = 0.262 \text{ мм}$$

$$Z_3 \max = 0.5 \cdot (D_2 \max - D_3 \max) = 0.5 \cdot (44.255 - 44.094) = 0.081 \text{ мм}$$

$$Z \max = 0.5 \cdot (D_0 \max - D_1 \max) = 0.5 \cdot (46.299 - 44.779) = 0.76 \text{ мм}$$

Проверим правильность произведенных выше расчетов по формуле:

$$2Z_i \max - 2Z_i \min = IT_{i-1} - IT_i \quad (2.6)$$

$$2Z_1 \max - 2Z_1 \min = IT_0 - IT_1$$

$$2 \cdot 0.76 - 2 \cdot 0.575 = 0.62 - 0.25$$

$$1.52 - 1.15 = 0.37$$

$0.37 = 0.37 \Rightarrow$ Расчет выполнен верно.

Проектирование технологических операций.

Основной задачей раздела является определение структуры одной из операций ТП, а также проведение расчетов для режимов резания и норм времени. Рассмотрим технологическую операцию токарной обработки (операция №20).

Определение содержания операции.

Содержание операции №20 приведено в «Операционной карте».

Расчет режимов резания.

1. Назначение периода стойкости (Т) РИ для проходного резца.

Принимаем $T=60$ мин.

2. Припуск будем снижать за один проход, $t = 4$ мм.

3. Определение расчетной подачи:

Имеем $S = 0.2$ мм/об

4. Определи расчетную скорость резания и частоту вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V \quad (2.7)$$

где:

$C_V = 420$ – поправочный коэффициент (для наружного точения проходными резцами при $S = 0.2$ мм/об.)

$m = 0.20$, $x = 0.15$, $y = 0.20$ – показатели степени

Определим поправочный коэффициент:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{qV} \cdot K_{OV} \cdot K_{uV} \quad (2.8)$$

где:

$K_{MV} = 0.765$ – коэффициент состояния поверхности заготовки

$K_{nV} = 1$ – коэффициент материала режущей части резца

$K_{\phi V} = 0.7$ и $K_{qV} = 1$ – коэффициенты геометрических параметров резца

$K_{OV} = 1.04$ – коэффициент вида обработки

$K_{uV} = 1$

Подставив полученные значения в формулу (2.8) и определим поправочный коэффициент:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{qV} \cdot K_{OV} \cdot K_{uV} = 0.765 \cdot 1 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.04 \cdot 1 = 0.36$$

Подставим полученные данные в формулу (2.7):

$$V = \frac{C_V}{T^M \cdot S^Y \cdot t^X} \cdot K_V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 4^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.36 = 57.52 \approx 57.5 \text{ мм / мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 57.5}{3.14 \cdot 44} = 483 \text{ об/мин}$$

где: $d = 44$ мм. – диаметр обрабатываемой поверхности.

Уточняем по паспорту станка частоту вращения шпинделя $n = 500 \text{ об/мин}$

5. Определим мощность резания и сравним ее с паспортной.

Силу резания тогда:

$$P_Z = C_P \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_P \quad (2.9)$$

где:

$C_P = 300$ – поправка

$x = 1$, $y = 0.75$, $n = -0.15$ – степень

K_P – поправочный коэффициент

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \quad (2.10)$$

где:

$K_{MP} = 1.22$ – коэффициент качества обрабатываемой поверхности

$K_{\varphi P} = 0.89, K_{\gamma P} = 1, K_{\lambda P} = 1$ – коэффициенты геометрических параметров режущей части резца

Подставим полученные значения в формулу (2.10) и определим значения поправочного коэффициента:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} = 1.22 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 1.09$$

Подставим полученное значение в формулу (2.9) и определим силу резания:

$$P_Z = C_P \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_P = 300 \cdot 4^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 57.5^{-0.15} \cdot 1.09 = 213.7 \text{ Н}$$

Мощность резания определяем по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{213.7 \cdot 57.5}{1020 \cdot 60} = 0.2 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Мощность токарного станка с ЧПУ 1К62Ф3, РМЦ – 3000 составляет 10 кВт .

Нормирование технологического процесса.

Под нормирование ТП понимают время, необходимое для выполнения каждой операции (перехода).

$$T_{шт} = T_O + T_B \quad (2.12)$$

где: T_O – основное время;

T_B – вспомогательное время.

Так как обработка производится на станке с ЧПУ, то операция выполняется последовательно, сначала точение $\varnothing 28_{-0.21}$ проходным резцом, затем точением торца, затем точение диаметра $\varnothing 44_{-0.26}$ проходным резцом, затем точение торца, затем точение $\varnothing 30_{-0.21}$ проходным резцом, затем подрезка торца, затем точение $\varnothing 44_{-0.25}$ проходным резцом.

Определим суммарное основное время при точении диаметров:

$$T_O = \frac{L_{PX_1} \cdot i + L_{PX_2} \cdot i + L_{PX_3} \cdot i + L_{PX_4} \cdot i}{S_M} \quad (2.13)$$

где:

$i=1$ – число рабочих ходов.

L_{PX_i} – длина рабочего хода.

$$L_{PX_1} = 100 + 2 = 102 \text{ мм}$$

$$L_{PX_2} = 150 + 2 = 152 \text{ мм}$$

$$L_{PX_3} = 12 + 2 = 14 \text{ мм}$$

$$L_{PX_4} = 1225 + 2 = 1227 \text{ мм}$$

$$S_M = S \cdot n = 0.2 \text{ мм / об} \cdot 500 = 100 \text{ мм / мин} \quad (2.14)$$

Подставим полученные данные в формулу (2.13) и определим суммарное основное время при точении диаметров:

$$T_O = \frac{102 \cdot 1 + 152 \cdot 1 + 14 \cdot 1 + 1227 \cdot 1}{100 \text{ мм / мин}} = 14.93 \text{ мин}$$

Определим суммарное вспомогательное время при точении диаметров:

$$T_B = T_{\text{вс}} + T_{\text{зо}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} \quad (2.15)$$

где:

$$T_{yc} = 0.5 \text{ мин}$$

$$T_{zo} = 0.3 \text{ мин}$$

$$T_{yn} = 0.1 \text{ мин}$$

$$T_{из} = 0.15 \text{ мин}$$

Подставим полученные данные в (2.15):

$$T_B = 0.5 + 0.3 + 0.1 + 0.15 = 1.05 \text{ мин.}$$

Тогда штучное время на обработку диаметров:

$$T_{шт1} = T_O + T_B = 14.93 + 1.05 = 15.98 \text{ мин.} \quad (2.16)$$

Определим нормы времени при точении торцев.

Суммарное время при точении торцев определено по формуле:

$$T_O = 0.000037 (D^2 - d^2) \quad (2.17)$$

$$T_O = 0.000037 [(44^2 - 28^2) + (44^2 - 30^2) \cdot \cos^2 15^\circ + (44^2 - 30^2) \cdot \cos^2 15^\circ] = 0.12 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время определяем так:

$$T_B = T_{yn} + T_{из} = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ мин.}$$

где:

$$T_{yn} = 0.1 \text{ мин.}$$

$$T_{из} = 0.05 \text{ мин.}$$

Тогда, имеем:

$$T_{шт2} = 0.12 + 0.15 = 0.27 \text{ мин.}$$

Общее время на операцию:

$$T_{шт} = T_{шт1} + T_{шт2} = 15.98 + 0.27 = 16.25 \text{ мин.}$$

3 Проектирование системы автоматического управления.

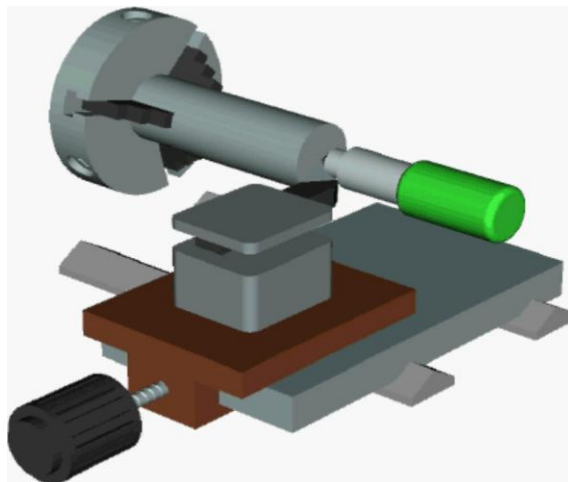


Рисунок 3.1 – Система автоматического управления.

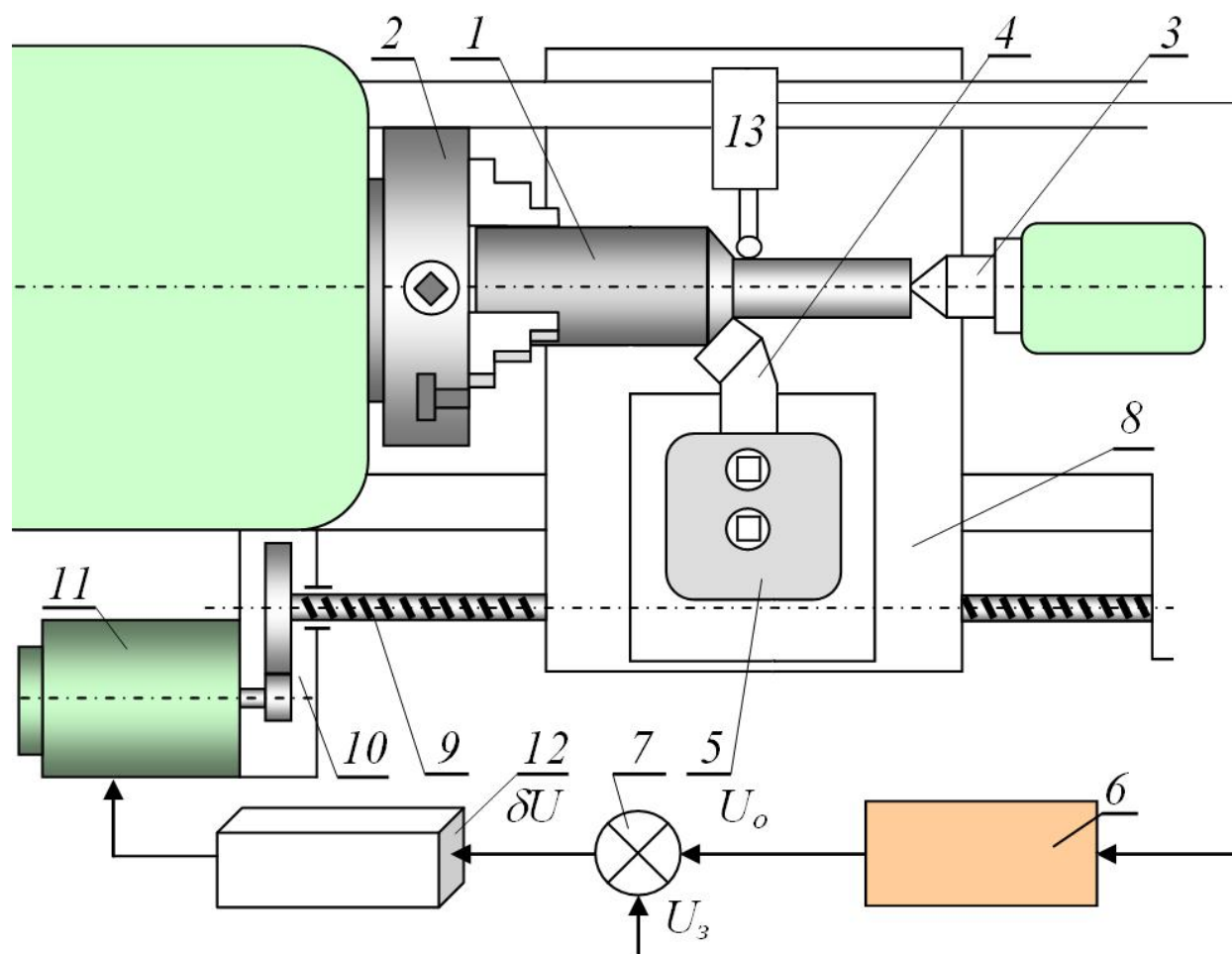


Рисунок 3.2 – Функциональная схема САУ.

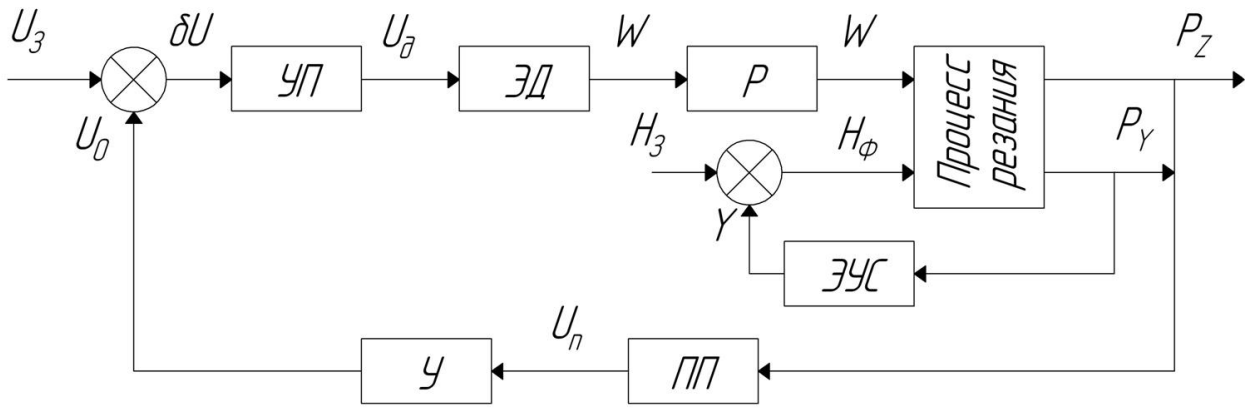


Рисунок 3.3 – Структурная схема САУ.

Математические модели процессов и устройств, входящих в систему автоматического управления.

Сила резания:

$$T_p \frac{dP}{dt} + P = kA,$$

Применим преобразование Лапласа к обеим частям уравнения:

$$L \left[T_p \frac{dP}{dt} + P \right] = L [kA]$$

$$T_p sP + P = kA$$

$$P(s+1) = kA$$

Тогда передаточная функция будет представлять собой выражение:

$$W_{\text{ИП}} = \frac{P}{A}$$

$$W_{\text{ИП}} = \frac{k}{T_p s + 1}$$

При точении:

$$P = C_p H^{x_p} S^{y_p} V^n k_p,$$

Эквивалентная упругая система станка:

$$\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{dy}{dt} + y = \frac{1}{c} P,$$

Применим преобразование Лапласа для линеаризации уравнения:

$$L\left[\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{dy}{dt} + y\right] = L\left[\frac{1}{c} P\right],$$

$$\frac{1}{\omega_0^2} s^2 Y + \frac{2\xi}{\omega_0} sY + Y = \frac{1}{c} P$$

$$Y \left(\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_0} s + 1 \right) = \frac{1}{c} P$$

Тогда получим для передаточной функции следующее выражение:

$$W_{\text{эвс}} = \frac{Y}{P} = \frac{1}{\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_0} s + 1}$$

Механический редуктор:

$$\omega_{\text{вых}} = k_p \omega_{\text{вх}} \quad \text{или} \quad \alpha_{\text{вых}} = k_p \alpha_{\text{вх}}$$

Электронный усилитель:

$$T_{\text{эу}} \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} + U_{\text{вых}} = k_{\text{эу}} U_{\text{вх}},$$

После преобразования Лапласа получим:

$$L\left[T_{\text{эу}} \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} + U_{\text{вых}}\right] = L\left[k_{\text{эу}} U_{\text{вх}}\right]$$

$$T_{\text{эу}} s U_{\text{вых}} + U_{\text{вых}} = k_{\text{эу}} U_{\text{вх}}$$

$$U_{\text{вых}} (T_{\text{эу}} s + 1) = k_{\text{эу}} U_{\text{вх}}$$

И далее

$$W_{\text{эу}} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{k_{\text{эу}}}{T_{\text{эу}} s + 1}$$

Усилитель-преобразователь электропривода:

$$T_{\text{yn}} \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} + U_{\text{вых}} = k_{\text{yn}} U_{\text{вх}},$$

Проводим преобразование Лапласа для приведения к линейному виду дифференциального уравнения.

$$L\left[T_{yn} \frac{dU_{\text{облх}}}{dt} + U_{\text{облх}}\right] = L\left[k_{yn} U_{\text{эс}}\right]$$

$$T_{yn} s U_{\text{облх}} + U_{\text{облх}} = k_{yn} U_{\text{эс}}$$

$$U_{\text{облх}} (T_{yn} s + 1) = k_{yn} U_{\text{эс}}$$

Тогда

$$W_{\text{VII}} = \frac{U_{\text{облх}}}{U_{\text{эс}}}$$

$$W_{\text{VII}} = \frac{k_{yn}}{T_{yn} s + 1}$$

Электропривод постоянного тока:

$$T_{я} T_{м} \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_{м} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{д}} U,$$

Используем преобразование Лапласа:

$$L\left[T_{я} T_{м} \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_{м} \frac{d\omega}{dt} + \omega\right] = L\left[k_{\text{д}} U\right]$$

$$T_{я} T_{м} s^2 \Omega + T_{м} s \Omega + \Omega = k_{\text{д}} U$$

$$\Omega (T_{я} T_{м} s^2 + T_{м} s + 1) = k_{\text{д}} U$$

Передаточная функция тогда будет:

$$W_{\text{ЭД}} = \frac{\Omega}{U}$$

И окончательно:

$$W_{\text{ЭД}} = \frac{k_{\text{д}}}{T_{я} T_{м} s^2 + T_{м} s + 1}$$

Гидравлический усилитель:

$$T_{\text{эу}} \frac{dQ}{dt} + Q = k_{\text{эу}} h,$$

Проводим преобразование Лапласа для приведения к линейному виду дифференциального уравнения.

$$L\left[T_{\text{эу}} \frac{dQ}{dt} + Q\right] = L\left[k_{\text{эу}} h\right]$$

$$T_{\text{эу}} s Q + Q = k_{\text{эу}} H$$

$$Q(s) T_{cy} s + 1 = k_{cy} H(s)$$

Передаточную функцию можно тогда записать в следующем виде:

$$W_{ГУ}(s) = \frac{Q(s)}{H(s)}$$

$$W_{ГУ}(s) = \frac{k_{cy}}{T_{cy} s + 1}$$

Двухкаскадный гидравлический усилитель:

$$T^2 \frac{d^2 Q}{dt^2} + 2\xi T \frac{dQ}{dt} + Q = k_{cy} h,$$

Преобразование Лапласа позволит из этого дифференциального уравнения получить линейное уравнение:

$$L \left[T^2 \frac{d^2 Q}{dt^2} + 2\xi T \frac{dQ}{dt} + Q \right] = L [k_{cy} h]$$

$$T^2 s^2 Q(s) + 2\xi T s Q(s) + Q(s) = k_{cy} H(s)$$

$$Q(s) (T^2 s^2 + 2\xi T s + 1) = k_{cy} H(s)$$

А передаточная функция примет вид:

$$W_{ГУ}(s) = \frac{Q(s)}{H(s)}$$

$$W_{ГУ}(s) = \frac{k_{cy}}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1}$$

Гидравлический двигатель:

$$T_{zo} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{zo} Q,$$

Проводим линеаризацию данного уравнения:

$$L \left[T_{zo} \frac{d\omega}{dt} + \omega \right] = L [k_{zo} Q]$$

$$T_{zo} s \Omega(s) + \Omega(s) = k_{zo} Q(s)$$

$$\Omega(s) (T_{zo} s + 1) = k_{zo} Q(s)$$

Для передаточной функции получим выражение:

$$W_{ГД}(s) = \frac{\Omega(s)}{Q(s)}$$

$$W_{ГД} \stackrel{\text{с}}{=} \frac{k_{z\partial}}{T_{z\partial}s + 1}$$

Гидроцилиндр:

$$y_{z\psi} = \frac{1}{F_{z\psi}} \int Q dt,$$

Найдем передаточную функцию с помощью преобразования Лапласа:

$$L[y_{z\psi}] \stackrel{\text{с}}{=} L\left[\frac{1}{F_{z\psi}} \int Q dt\right],$$

$$Y_{z\psi} \stackrel{\text{с}}{=} \frac{1}{F_{z\psi}} \frac{1}{s} Q \stackrel{\text{с}}{=}$$

Окончательно

$$W_{ГЦ} \stackrel{\text{с}}{=} \frac{Y_{z\psi}}{Q}$$

$$W_{ГЦ} \stackrel{\text{с}}{=} \frac{1}{F_{z\psi}s}$$

Электропривод главного движения:

$$T_{\partial} \frac{dI}{dt} + I = k_{\partial} M,$$

Проведем линеаризацию этого уравнения. Для чего применим преобразование Лапласа к обеим частям уравнения:

$$L\left[T_{\partial} \frac{dI}{dt} + I\right] = L[k_{\partial} M]$$

$$T_{\partial} s I + I \stackrel{\text{с}}{=} k_{\partial} M \stackrel{\text{с}}{=}$$

$$I \stackrel{\text{с}}{=} \frac{k_{\partial} M}{s+1} \stackrel{\text{с}}{=}$$

$$W_{АД} \stackrel{\text{с}}{=} \frac{I}{M}$$

$$W_{АД} \stackrel{\text{с}}{=} \frac{k_{\partial}}{T_{\partial}s + 1}$$

Электромеханический преобразователь:

$$T_{em} \frac{dh_{ввх}}{dt} + h_{ввх} = k_{em} U_{em},$$

Приведем это уравнение к линейному виду:

$$L \left[T_{e.m} \frac{dh_{\text{вых}}}{dt} + h_{\text{вых}} \right] = L [k_{e.m} U_{e.m}]$$

$$T_{e.m} s H_{\text{вых}} = H_{\text{вых}} = k_{e.m} U_{e.m}$$

$$H_{\text{вых}} (T_{e.m} s + 1) = k_{e.m} U_{e.m}$$

Тогда

$$W_{\text{ЭМП}} = \frac{H_{\text{вых}}}{U_{e.m}}$$

$$W_{\text{ЭМП}} = \frac{k_{e.m}}{T_{e.m} s + 1}$$

Измерительный прибор:

$$U_{\text{вых}} = k_n A_{\text{вх}},$$

Передающая функция:

$$W_{\Pi} = k_n.$$

Проведено исследование теплообмена при обработке резанием. Построена ее математическая модель, которая впервые для процессов резания учитывает нестационарность процесса теплообмена. Использован классический метод, сущность которого заключается в том, что производные в дифференциальном уравнении теплопроводности заменяются с помощью конечных разностей в отдельных узлах теплового поля. В итоге зависимость приводится к виду, где прогнозируемая температура в некоторой узловой точке, которая рассматривается, является функцией времени, текущей температуры и температуры в соседних точках. Таким образом, математическая модель воспроизводит физические явления при резании и имеет одну первичную эмпирическую зависимость - зависимость составляющей P_z силы резания от режима и условий резания.

4 Научные исследования.

Тепловые явления при лезвийной обработке.

При обработке резанием к технологической обрабатывающей системе (ТОС) подводится энергия, большая часть которой тратится на образование тепла, которое приводит к изменению температуры всех компонентов ТОС, особенно режущего инструмента и заготовки. Повышение температуры инструмента провоцирует потерю режущей способности, его изнашивание, и, наконец, уменьшение стойкости. Изменение температуры заготовки, особенно поверхностного слоя, который будет принадлежать детали, приводит к перераспределению напряжений и может вызвать структурные изменения фазового состояния. Поэтому теплофизический анализ процесса обработки резанием имеет большое значение для усовершенствования процесса, повышение его производительности, обеспечение качества обработанной поверхности.

Механическая обработка резанием лезвийными режущими инструментами характеризуется силой взаимодействия рабочих поверхностей лезвия инструмента со слоем срезаемого припуска и обрабатываемыми поверхностями заготовки. Сила взаимодействия инструмента с заготовкой состоит из силы образования стружки, необходимой для деформации слоя срезаемого припуска в зоне резания, силы контактного взаимодействия стружки с передней поверхностью инструмента, а также силы взаимодействия задних поверхностей инструмента с поверхностями заготовки, величина которой может существенно увеличиваться при изнашивании поверхностей инструмента. Две последних составляющих силы резания, по сути, являются силами трения. Сумма указанных составляющих создает силу резания, которая является вектором и характеризуется величиной и направлением. В процессе обработки в результате колебания припуска и изменения механических характеристик материала обрабатываемой детали, величина и направление

силы резания изменяется, что создает дополнительные трудности расчета силовых характеристик процесса резания.

Температура в зоне резания существенно влияет на производительность процесса. Поэтому ее можно использовать в качестве критерия регулирования для оптимизации процесса резания при применении систем автоматического регулирования.

В работе были доказаны положения о постоянной величине оптимальной температуры. Сущность положения состоит в том, что для заданного материала заготовки и инструмента существует такое значение температуры зоны резания, которое обеспечивает оптимальные условия обработки. Причем, для избранной пары материала заготовки и инструмента оптимальная температура остается неизменной при изменении условий резания: сечения срезаемого слоя припуска, скорости резания, геометрических параметров инструмента и т.п.

Многочисленными исследованиями было установлено, что именно температура в зоне резания более всего влияет на процессы изнашивания режущего инструмента и его стойкость. По причине неравномерного нагревания на передней поверхности инструмента образуется характерное углубление, которое называется лункой изнашивания. Максимальная глубина лунки совпадает с зоной максимальной температуры, а менее изношенная поверхность расположена непосредственно возле режущей кромки.

Для контроля и измерения температуры при резании современная измерительная техника предлагает разные методы измерения и многочисленные приборы для контроля. Конкретный выбор метода и средства измерения обуславливается необходимой точностью, инерционностью, рабочим интервалом температур. Также надо учитывать и особенности технологической обрабатывающей системы: затрудненный доступ к зоне резания, подвижность, малые геометрические размеры и т.п.

При проведении научно-исследовательских работ и в инженерной практике используют различные методы регистрации температуры (рисунок 4.1).

Процессы обработки резанием характеризуются значительным разнообразием, однако, теплофизический анализ всегда начинается с исследования теплообмена в зоне резания, а при всех видах лезвийной обработки - с исследования теплообмена при обработке простым режущим клином, поскольку такой клин является основным элементом инструмента любой сложности.

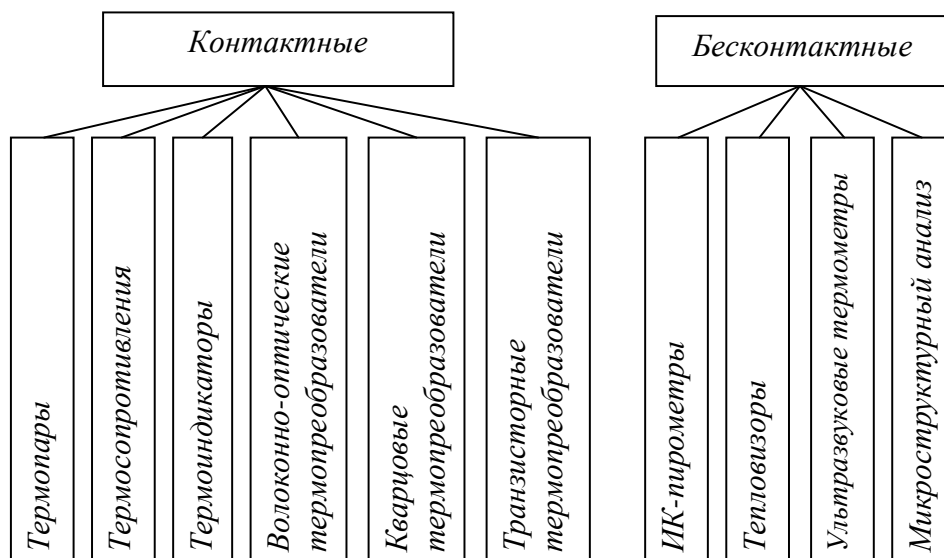


Рисунок 4.1 – Методы и средства измерения температуры в зоне резания.

Для изучения процессов теплообмена при резании можно воспользоваться схемой токарной обработки, которая представлена на рисунке 4.2.

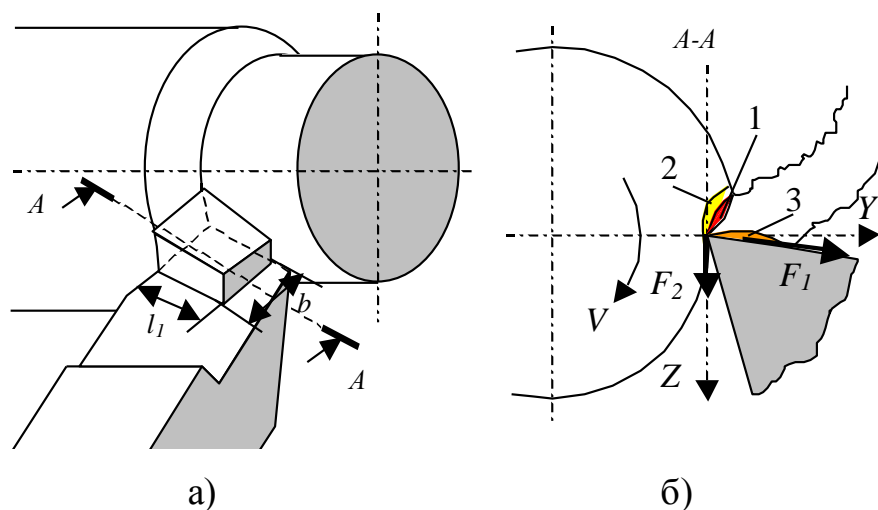


Рисунок 4.2 – Схема зоны резания.

В соответствии с общепринятой теорией, образование тепла при резании рассматривается по следующим зонам. В зоне 1, которая расположена под углом сдвига обрабатываемого материала, главным источником тепла являются упруго-пластические деформации материала, в зоне 2, расположенной в заготовке близ зоны резания, – упруго-пластические деформации и трение задней поверхности режущего клина и заготовки, а в зоне 3 – трение стружки по передней поверхности инструмента.

Для исследования физических закономерностей разных видов обработки силу резания раскладывают на три составляющие в ортогональном координатном пространстве осей OZ , OY и OX . Главная ось OZ совпадает с направлением вектора скорости главного движения резания. Соответственно проекцию силы резания на ось OZ называют главной составляющей P_z силы резания, а если главное движение резания вращательное, то ее еще называют касательной составляющей силы резания.

Ось OX совпадает с осью главного движения резания заготовки или инструмента, а проекция силы резания на эту ось называется осевой составляющей P_x силы резания. Последняя, ортогональная координата OY направлена по радиусу обрабатываемой заготовки или по радиусу режущего инструмента и называется радиальной составляющей P_y силы резания. Представление силы резания ее составляющими обеспечивает удобство определения многих характеристик процесса резания, а именно: мощности резания, точности обработки, нагрузки режущего инструмента и его деформации, нагрузки на элементы кинематической цепи механизма подачи, количества теплоты, выделяемой в процессе резания и т.д. Соответственно, знание силовых характеристик процесса обработки, позволяет рассчитывать и прогнозировать упругие деформации ТОС, тепловые деформации инструмента, заготовки или частей станочного оборудования, условия обработки и делать оценку автоколебаний, которые возникают в упругой ТОС.

Общая мощность теплообразования при резании принимается эквивалентной механической работе деформации материала заготовки в зоне резания:

$$A = A_{\dot{\alpha}} + A_{1\dot{\alpha}} + A_{2\dot{\alpha}}, \quad (4.1)$$

где $A_{\dot{\alpha}}$ – работа деформации в зоне I по рис 4.2; A_{1m} – работа сил F_1 трения на передней поверхности в зоне 3 ; A_{2m} – работа сил F_2 трения по задней поверхности в зоне 2 по рисунку 4.2.

Для большинства процессов лезвийной обработки средние соотношения выглядят так: $F_1 = 0.75P_z$, а $F_2 = 0.02P_z$. Такое же соотношение сохраняется и для соответствующих составляющих работы. С учетом скорости резания и известных физических законов, имеем:

$$\begin{aligned} A_{\dot{\alpha}} &= P_z - F_2 \dot{Y} - F_1 V_1, \\ A_{1\dot{\alpha}} &= F_1 V_1, \quad A_{2\dot{\alpha}} = F_2 V, \end{aligned} \quad (4.2)$$

где V – скорость резания, V_1 – скорость движения стружки.

Скорость движения стружки отличается от скорости резания благодаря ее усадке, таким образом $V_1 = V/k_{yc}$, где k_{yc} – коэффициент усадки стружки ($k_{yc} > 1$).

Выделяемое в процессе резания тепло, распространяется по всей ТОС и провоцирует нагревание всех составляющих системы, в первую очередь стружки, инструмента и заготовки. При этом выдерживается следующий тепловой баланс:

$$Q = Q_{\dot{n}} + Q_i + Q_c + Q_{\dot{\alpha}}, \quad (4.3)$$

где Q_c – тепло стружки, Q_i – тепло инструмента, Q_z – тепло заготовки, Q_o – тепло окружающей среды.

Для режима резания, который обычно применяется на практике, можно считать все тепловые источники, действующие на поверхности стружки и в ее

середине такими, которые движутся быстро. Поэтому можно принять, что тепло, генерируемое ими, впереди источников тепла не распространяется. Таким образом, условия теплообмена в стружке не могут влиять на результат теплофизических расчетов и в дальнейшем не учитывается. Тем не менее, как видно из (4.3), тепло стружки учитывается в общем тепловом балансе ТЭС.

При решении дифференциального уравнения теплопроводности принимаются следующие допущения:

- тело является однородным и изотропным;
- физические параметры постоянны и не зависят от температуры;
- деформация объема, вызванная изменением температуры, является малой в сравнении с самым объемом.

Поскольку все процессы, которые действуют во время резания, являются нестационарными, то для их математического представления необходимо использовать дифференциальное уравнение, как в функции времени, так и в функции соответствующих координат, определяющих расчетную точку объема. Опираясь на основной закон теплопроводности, который был сформулирован Фурье, имеем:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (4.4)$$

где t – температура тела в точке с координатами x , y и z , – время, a – коэффициент температуропроводности.

Коэффициент температуропроводности зависит от свойств по зависимости:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (\text{м}^2/\text{с}),$$

где λ – теплопроводность, $Вт/(м \text{ град})$; $c\rho$ – объемная теплоемкость, $Дж/(м^3 \text{ град})$.

Условия однозначности задают в виде физических параметров, λ , c , ρ ; формы и геометрических размеров объекта, начальных условий. При таком подходе уравнение (4.4) дает законченное формулирование задачи и однозначное решение.

Поскольку в работе моделируется нестационарный тепловой процесс, происходящий в сечении AA (рисунок 4.2, б) т.е. в двух координатах, уравнение (4.4) упрощается:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (4.5)$$

Правомерность такого упрощения подтверждается в работе, где утверждается, что замена объемного источника тепла на плоский дает погрешность, которая не превышает $\pm 15\%$. Таким образом, в дальнейшем источник тепловыделения будем рассматривать как двухмерный, распределенный по комбинированному закону на поверхности контакта стружки и режущего клина. При таком законе распределения наибольшая плотность теплового потока на передней поверхности инструмента может быть рассчитана по формуле:

$$q_{1\phi} = 3A_{1\phi} / \left(\frac{b}{l_1} \right) \quad (4.6)$$

где A_{1m} – мощность по (4.2), остальные параметры обозначены на рисунке 4.2, а.

Источник тепла на плоскости сдвига принимается распределенным равномерно, тогда плотность потока на поверхности сдвига:

$$q_{\alpha} = A_{\alpha} \sin \Phi / \left(\frac{b}{l} \right) \quad (4.7)$$

где A_0 – мощность по (4.2), a – толщина резания, b – ширина резания, а площадь сдвига расположена под углом сдвига, который определяется из анализа механики процесса резания:

$$\sin \Phi = \cos \gamma / \sqrt{k_{yc}^2 - 2k_{yc} \sin \gamma + 1},$$

Кроме того, на температуру заготовки влияет источник тепла, эквивалентный мощности сил трения по задней поверхности резца. Однако, из-за малости такого источника (соотношение сил P_z , F_1 и F_2) в общем тепловом балансе этот источник не учитывается.

Таким образом, определены плотности тепловых источников, постоянно действующие на передней поверхности режущего клина (4.6) и заготовки, которая заменяется полупространством, по которому быстро движется источник плотностью q_0 (4.7).

Как уже отмечалось, задача моделирования температурного поля в таких условиях относится к задачам нестационарной теплопроводности с течением времени. Дифференциальное уравнение теплопроводности (4.5) с учетом зависимостей плотностей тепловых потоков (4.6) и (4.7) решается численным методом, который основан на использовании метода конечных разностей.

Сущность метода состоит в том, что производные в дифференциальном уравнении теплопроводности заменяются разностями в узлах температурного поля. В результате будущая температура рассматривается как функция времени, текущей температуры и температуры в соседних точках.

Для двухмерной (плоской) задачи нестационарной теплопроводности схема сетки узловых точек представлена на рисунке 4.3.

Уравнение теплового баланса для центральной точки имеет вид:

$$t'_0 = Fo \left[t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_0 \left(\frac{1}{Fo} - 4 \right) \right], \quad (4.8)$$

где t_0, t_1, t_2, t_3, t_4 – температура в соответствующей индексу узловой точке в момент времени τ , t_0 – температура в центральной точке в момент времени $\tau + \delta\tau$. Для двухмерной задачи интервалы δz , δy и $\delta\tau$ должны выбираться исходя из выполнения условия $F_o \leq 1/4$.

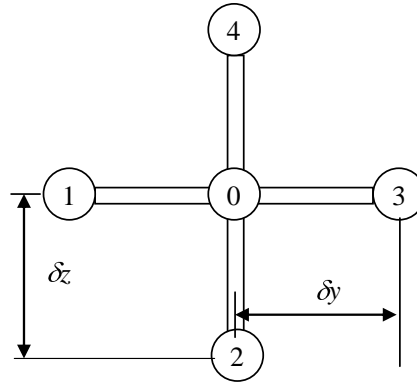


Рисунок 4.3 – Сетка узловых точек.

Таким образом, температуре в любой узловой точке должно присваиваться 3 индекса $t_{m,n}^k$, где m, n – координатные индексы, k – временной индекс. Используя полученное выражение (4.8), для узловой точки с координатами $[m\delta_z, n\delta_y, k\delta_\tau]$ получим:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_{m,n}^k &= \frac{1}{\delta_\tau} \left(t_{m,n}^{k+1} - t_{m,n}^k \right) \varepsilon_1; \\ \left(\frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right)_{m,n}^k &= \frac{1}{\delta_z^2} \left(t_{m+1,n}^k + t_{m-1,n}^k - 2t_{m,n}^k \right) \varepsilon_2; \\ \left(\frac{\partial^2 t}{\partial y^2}\right)_{m,n}^k &= \frac{1}{\delta_y^2} \left(t_{m,n+1}^k + t_{m,n-1}^k - 2t_{m,n}^k \right) \varepsilon_3. \end{aligned} \quad (4.9)$$

После подстановки выражений (4.9) без остаточных членов $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ в дифференциальное уравнение (4.5) и при условии $\delta_z = \delta_y$, получаем приближительное выражение для расчета будущей температуры в узловой точке:

$$t_{m,n}^{k+1} = \frac{a\delta_\tau}{\delta_z^2} (t_{m+1,n}^k + t_{m-1,n}^k + t_{m,n+1}^k + t_{m,n-1}^k) \left(\frac{4a\delta_\tau}{\delta_z^2} - 1 \right) t_{m,n}^k. \quad (4.10)$$

Принимая, как и для уравнения (4.8), $a\delta_\tau/\delta_z^2 = Fo$, можно привести уравнение (4.10) к виду:

$$t_{m,n}^{k+1} = Fo (t_{m+1,n}^k + t_{m-1,n}^k + t_{m,n+1}^k + t_{m,n-1}^k) (Fo - 1) t_{m,n}^k. \quad (4.11)$$

Решение этой двумерной задачи в обязательном порядке будет устойчивым только при выполнении условия:

$$Fo - 1 \leq 0. \quad (4.12)$$

Таким образом, получается замкнутая система алгебраических уравнений, которые составляют основу алгоритма численного интегрирования нестационарного уравнения теплопроводности. Такая математическая модель является базой прикладной программы, с помощью которой проводятся соответствующие исследования теплового поля в режущем клине инструмента и детали.

С помощью такой программы можно исследовать нестационарное температурное поле в инструменте и заготовке, прогнозировать влияние различных параметров процесса резания на температуру в любой точке системы инструмент-заготовка. Несомненным преимуществом предложенного подхода, воплощенного в разработанной программе является возможность наблюдения реакции во времени температурного поля на изменение режима резания. Такое свойство чрезвычайно важно, поскольку позволяет исследовать многие процессы резания, которые характеризуются квазистационарными условиями, например, при 3-D обработке.

5 Безопасность и экологичность технического объекта.

В процессе выполнения рабочими своих должностных обязанностей они могут подвергать себя рискам и в конечном итоге не исключено получение производственных травм. В данном разделе представлено задействованное оборудование и вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Описаны мероприятия, выполнение которых сведет получение производственных травм к минимуму.

Тема ВКР: «Технологический процесс изготовления вала коробки скоростей дробилки Титан Д-160»

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в учебной литературе.

5.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «вал коробки скоростей дробилки Титан Д-160».

5.2 Планировка рассматриваемого участка

Производственная площадь – представляет собой площадь, которая занята производственным оборудованием и местами для рабочих возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь – представляет собой площадь, на которой располагаются вспомогательные подразделения, такие как: ремонтные и инструментальные службы, лаборатории, склады, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

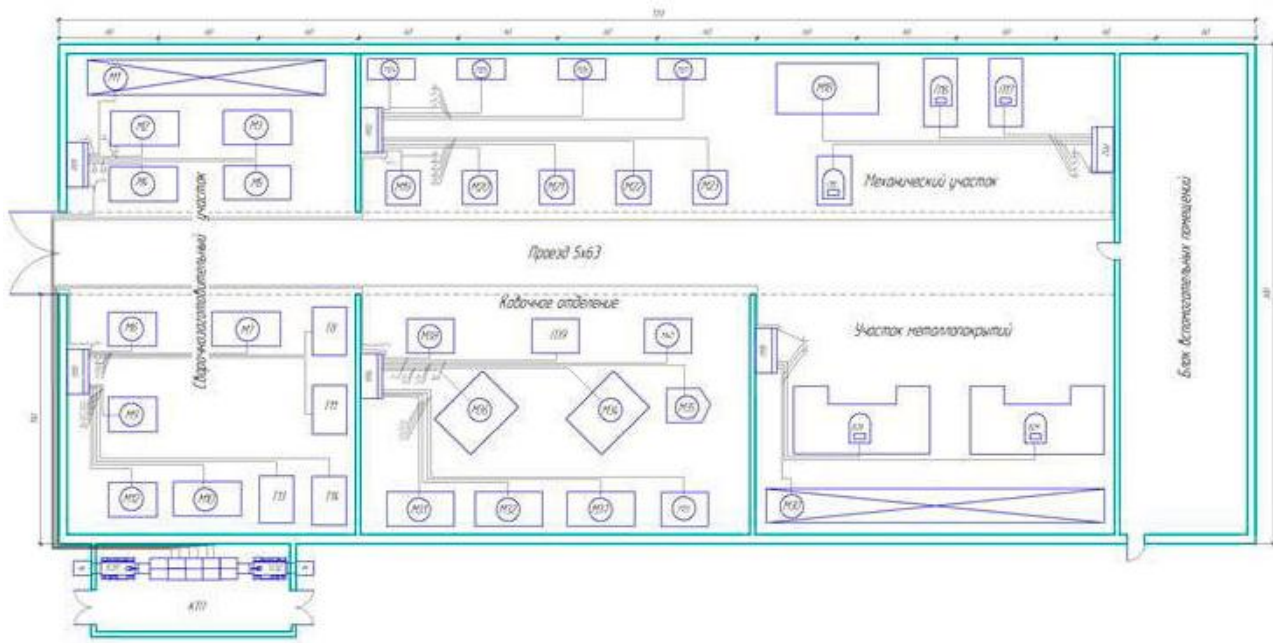


Рисунок 5.1 – План участка.

5.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт.
1	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ-3000	5
2	Круглошлифовальный станок 3А164 РЦМ-2000	2
3	Винторезный станок высокой точности 1622 РЦМ-2500	1
Итого:		8

Таблица 5.2 – Технологический маршрут обработки детали «Вал коробки скоростей дробилки Титан Д-160»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Механический	010	Токарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Предварительное точение
Механический	015	Токарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Предварительное точение
Механический	020	Токарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Предварительное точение
Механический	025	Токарная чистовая	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Окончательное точение
Механический	035	Токарная чистовая	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Окончательное точение
Механический	045	Резьботокарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Предварительное точение
Механический	050	Токарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Окончательное точение
Механический	055	Токарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 1К62ВФ3 РЦМ–3000	Окончательное точение
Механический	060	Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3А164 РЦМ–2000	Промежуточное шлифование
Механический	065	Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3А164 РЦМ–2000	Окончательное шлифование
Механический	070	Резьботокарная	Винторезный станок высокой точности 1622 РЦМ–2500	Окончательное точение

Поскольку была улучшена технологическая операция: точение предварительное 020, то идентификацию по рискам будем проводить только по этой операции.

5.2 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 5.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи.
2	Шлифование	<ol style="list-style-type: none"> 1. Попадание частиц абразивных материалов на изделие и в рабочую зону 2. Высокая температура на поверхности шлифовального круга и обрабатываемой заготовки 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ношение защитных очков, специальной одежды. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных

Продолжение таблицы 5.3

			наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор.
--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

6 Экономическая эффективность работы.

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

В рамках данной бакалаврской работы разрабатывается технологический процесс изготовления вала коробки скоростей дробилки Титан Д-160, подробное описание которого представлено в предыдущих разделах. Также в предыдущих разделах описаны условия совершенствования операции 020 Токарной, в результате которых удалось достичь сокращения ее трудоемкости.

Для выполнения этой операции применяется токарно-винторезный станок с числовым программным управлением, модель 16К20Ф3 РЦМ-300. В качестве оснастки используется комплект приспособлений, состоящий из: люнета самоцентрирующего, патрона поводкового 7160-0002 МН4050-02 и центров ГОСТ 8742-62. Для выполнения всех закрепленных за данной операцией процессов применяется набор инструментов, в который входят: отрезной резец ГОСТ 18878-73, проходной резец ГОСТ 18878-62, фасонный резец Т30К4 и резьбовой резец Т30К4 ГОСТ 18878-73.

Результатом предложенного совершенствования операции 020, как говорилось выше, стало снижение трудоемкости ее выполнения на 16,6%, т.е. трудоемкость снизилась с 7,49 до 6,25 минут.

На диаграмме (рисунок 6.1) представлены основные изменения параметров, участвующих в формировании технологической себестоимости, которые наглядно показывают, на сколько, изменятся эти величины.

Для определения каждой величины, указанной на рисунке 6.1, использовалась методика расчета элементов технологической себестоимости и пакет программного обеспечения Microsoft Excel.

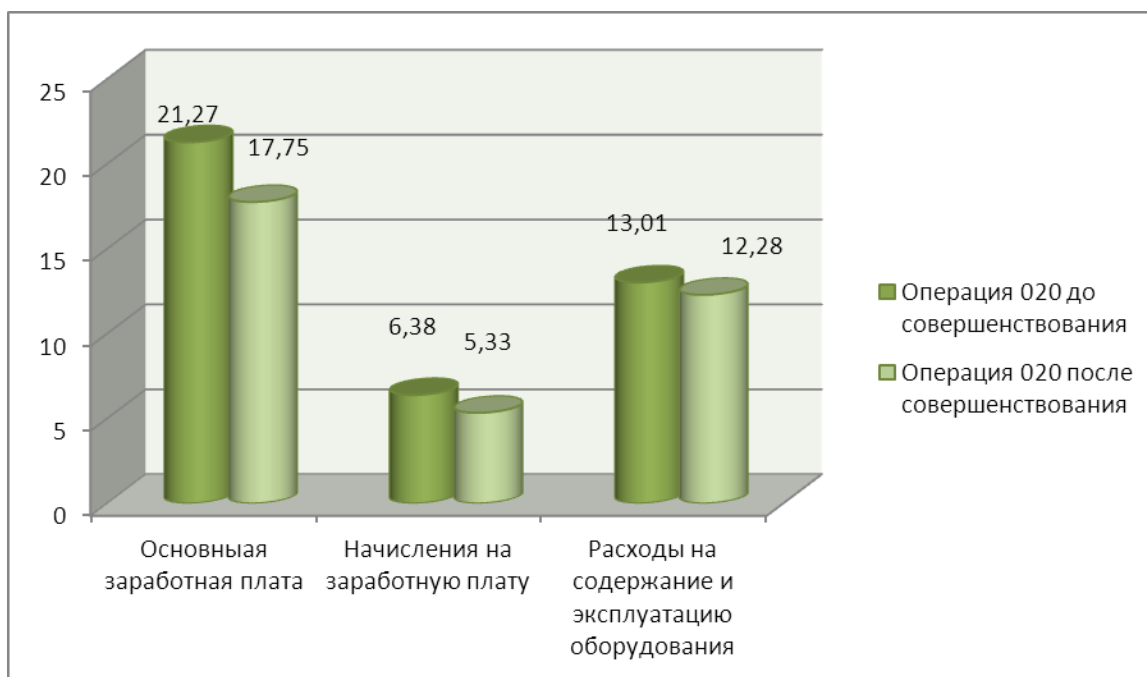


Рисунок 6.1 – Изменение величин параметров, входящих в технологическую себестоимость, руб.

Предложенные совершенствования токарной операции не предполагают изменения заготовки, поэтому затраты, связанные материалом, меняться не будут, соответственно данный параметр исключаем из расчетов, т.к. он не будет оказывать влияние на конечный результат расчета.

Так же из рисунка 6.1 видно, что наибольшее влияние на технологическую себестоимость оказывают основная заработная плата и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Но благодаря предложенному совершенствованию эти затраты удалось сократить, совокупное значение изменений составит 5,31 руб., а с учетом программы выпуска данная величина ожидаемой экономии будет равна 5,31 тыс. руб., что уже не кажется такой незначительной.

Данное изменение, безусловно, окажет прямое влияние на величину полной себестоимости изготовления вала. Для определения значения полной себестоимости воспользуемся методикой калькулирования. В результате проведенных расчетов, полная себестоимость по совершенствованной операции

составит 100,27 руб., а до совершенствования она составляла – 118,46 руб., т.е. совершенствование позволило сократить полную себестоимость на 18,19 руб., что составляет 15,4%.

Далее проанализируем изменения, связанные с общими капитальными затратами до и после совершенствования операции 020 Токарной. На диаграмме (рисунок 6.2) представлены величины основных затрат по сравниваемым вариантам операции 020.

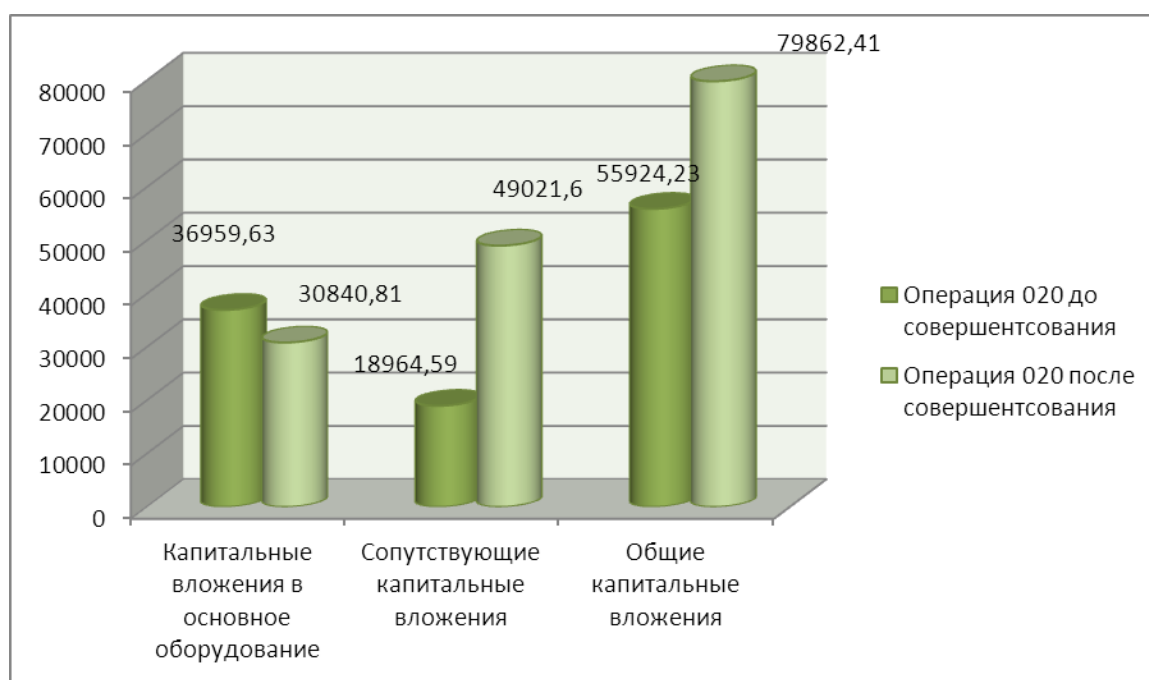


Рисунок 6.2 – Динамика изменения элементов общих капитальных затрат в операцию 020 Токарную, руб.

Анализируя, представленные на диаграмме (рисунок 6.2), статьи капитальных затрат, можно заметить, что сопутствующие капитальные вложения в проектируемый вариант операции 020 возрастают, в то время как остальные затраты уменьшаются. Это связано с тем, что данная величина учитывает такие величины как затраты в проектирование, которых уже нет в базовом варианте, поэтому они увеличивают конечный результат этого значения. Именно по этому, общие капитальные затраты увеличиваются, но

говорить о негативном воздействии на проектный вариант технологического процесса еще рано.

Для получения конечного результата о целесообразности внедрения данных совершенствований, дополнительно проведем расчет экономической эффективности работы. Для этого также будет использоваться пакет программного обеспечения Microsoft Excel и специальная методика расчета по экономическому обоснованию целесообразности внедрения предлагаемых мероприятий.

В результате проведенных расчетов был получен положительный результат чистого дисконтированного дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 6753,73 руб., а прибыль на каждый вложенный рубль (индекс доходности) составила 1,19 руб./руб. Представленные значения позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности внедрения предложенных совершенствований по технологическому процессу изготовления вала коробки скоростей дробилки Титан Д-160.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы проведено исследование теплообмена при обработке резанием. Построена ее математическая модель, которая впервые для процессов резания учитывает нестационарность процесса теплообмена. Использован классический метод, сущность которого заключается в том, что производные в дифференциальном уравнении теплопроводности заменяются с помощью конечных разностей в отдельных узлах теплового поля. В итоге зависимость приводится к виду, где прогнозируемая температура в некоторой узловой точке, которая рассматривается, является функцией времени, текущей температуры и температуры в соседних точках. Таким образом, математическая модель воспроизводит физические явления при резании и имеет одну первичную эмпирическую зависимость - зависимость составляющей P_z силы резания от режима и условий резания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: Учебное пособие. / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.
3. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
4. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных техникумов. – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.- методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –52 с.
6. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.
7. ПОТ Р М-004-97 Межотраслевые правила по охране труда при использовании химических веществ.
8. ГОСТ 12.3.025-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обработка металлов резанием. Требования безопасности (с Изменением N 1).
9. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения. / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М.: Высш. шк., 1988. – 222 с.
10. Ермолаев, В.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: Учебник. / В.В. Ермолаев, А.И. Ильянков. – М.: Издательский центр «Академия », 2015. – 336 с.
11. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

12. Зуев, А.А. Технология машиностроения. – 6-е издание, исправленное и дополненное – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 496 с.
13. Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
14. Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
15. Ильенков, А.И. Технология машиностроения: Учебное пособие. / А.И. Ильенков, В.Ю. Новиков. – М.: Издательский центр «Академии», 2017. – 432 с.
16. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
17. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М.: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
18. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов и др. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 387 с.
19. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – 2-е издание, исправленное. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 320 с.
20. Колокатов, А.М. Шлифование абразивным и алмазным инструментом: Учебное пособие. / А.М. Колокатов, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 76 с.
21. Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2012. – 400 с.
22. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие. / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2005. – 304 с.
23. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин: Учебник для студентов вузов. / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. – М.: Колос, 2000. – 776 с.

24. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: Учебник. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
25. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
26. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London: Springer Reference, 2015. – 3491 p.
27. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York: Springer Science+Business Media, 2008. – 1589 p.
28. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability/ B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. - Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
29. Rösler, J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites/J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. - Berlin Heidelberg New York: Springer, 2007 – 540 p.
30. Silberschmidt V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance/V. Silberschmidt, V. Matveenko Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 205 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта.

Дубл.																						
Взам.																						
Подр.																						
Разраб.			Леднее В.О.																			
Пров.			Гуляев В.А.																			
Утв.			Логинев Н.Ю.																			
Н. Контр.			Виткалов В.Г.																			
										Вал коробки скоростей												
										ТГУ												
M01 Сталь 40Х ГОСТ 43445-71																						
	Код	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ											
M02	-	166	6,0				0,86	41211XXX	Ø97,6x333,6	1	8,2											
A	цех Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа																	
B	Код, наименование оборудования			CM	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.								
01A	XXXXXX	005	4269	Центровально-подрезная	ИОТ И 37.101.7013-93																	
02Б	391148XXX		2A923		2	18632	411	1Р	1	1	354	1	26	0,550								
03O	Центрковать и подрезать торцы, выдер. разм. 1-7																					
04O	Контроль исполнителем																					
05T	391303XXX(2)- сверло центровочное Ø4, тип А ГОСТ 14034-74; 393122XXX- калибр-пробка ГОСТ14827-69																					
06T	391801XXX(2) - пластина для подрезки ГОСТ 19052-80 Т5К10; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																					
07																						
08A	XXXXXX	010	4110	Токарная	ИОТИ 37.101.7034-93																	
09Б	391148XXX		RAIS T500		2	15929	411	1Р	1	1	354	1	17	0,760								
10O	Точить поверхн., выдерж. разм. 1-6																					
11O	Контроль исполнителем																					
12T	392195XXX- резец-ставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10;																					
13T	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84																					
14																						
МК																						

Дубл.																		
Взам.																		
Лобл.																		
																	2	7
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Пз.	Тшт.		
01А	XXXXXX	015	4110	Токарная	ИОТИ 37.101.7034-93													
02Б	391148XXX			РАИС Т500		2	15929	411	1P	1	1	1	354	1	17		1,326	
03О	Точить поверхн., выдерж. разм. 1-12																	
04О	Контроль исполнителем																	
05Т	392195XXX			резец-ставка 25x25	ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10													
06Т	393120XXX			шаблон ГОСТ 9038-83;	393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84													
07																		
08А	XXXXXX	025	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93													
09Б	391148XXX			РАИС Т500		2	15929	411	1P	1	1	1	354	1	17		0,917	
10О	Точить поверхн., выдерж. разм. 1-10																	
11О	Контроль исполнителем																	
12Т	392195XXX			резец-ставка 25x25	ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6													
13Т	393120XXX			шаблон ГОСТ 9038-83;	393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84													
14																		
15А	XXXXXX	050	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93													
16Б	391148XXX			РАИС Т500		2	15929	411	1P	1	1	1	354	1	17		1,532	
17О	Точить поверхн., выдерж. разм. 1-22																	
18О	Точить резьбу, выдерж. разм. 23																	
МК																		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты.

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
Разраб.				Лейнев В.О.				ТГУ							
Пров.				Гуляев В.А.											
Утв.				Лозинюв Н.Ю.											
Н. Контр.				Вилкалов В.Г.											
				Наименование операции				Вал коробки скоростей				Цех Уч. РМ Опер 015			
4110 Токарная				Сталь 40Х ГОСТ 43445-71				Материал				Профиль и размеры			
1К62ВФ3 РЦМ-3000				Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				СОЖ			
				200 НВ				МД				Ø97,6x333,6			
				0,889				Тв				1,326			
				0,362				Тлз				Укринол-1			
Р				Д или В				L				t			
01				ПИ				MM				MM			
002				1. Установить и снять заготовку				MM				мм/об об/мин			
T03				396111XXX- патрон поводковый с центром; 396256XXX- центр вращающийся											
004				2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-5											
T05				392110XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;											
T06				393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84											
P07				XX				39,1 74 1,9 1,9				1 0,5 800 98,2			
P08				XX				46,3 71 1,9 1,9				1 0,5 800 116,1			
P09				XX				55,8 55 1,9 1,9				1 0,5 630 110,4			
P10				XX				66,1 29 1,9 1,9				1 0,5 500 103,8			
P11				XX				70,8 55 1,9 1,9				1 0,5 500 111,1			
12															
ОКП															

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Разраб.	Леднев В.О.																		
Проев.	Гуляев В.А.																		
Утв.	Логинов Н.Ю.																		
Н. Контр.	Виткалов В.Т.																		
	Наименование операции		Материал	Вал коробки скоростей															
	4153 Резьботокарная	Сталь 40Х ГОСТ 43445-71	200 НВ	166	6,0	200 НВ	166	6,0	Профиль и размеры		МЗ	КОИД							
	Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	To	T _с	T _{пз}	T _{шт}					8,2	1							
	162 РЦМ-2500	XXXXXX	3,125	0,407	26	3,743	СОЖ												
			D или B	L	t	i	S	n	V										
01			ММ	ММ	ММ	ММ	ММ/Об		М/МИН										
002	1. Установить и снять заготовку																		
Т03	Центры ГОСТ 13214-67																		
004	Люнет специальный подвижный																		
Т05	Патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02																		
Т06	2. Нарезать резьбу																		
Р07	Резец резьбонарезной ГОСТ 18878-73																		
08	Резьбовой калибр - приспособление мерительное																		
09																			
10																			
11			XX	86,96	40	6,6	1	2,8	240	82,1									
12																			
ВКП																			