

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 кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса
рычага регулировочного

Студент	<u>Р.В. Шмелев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</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)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса рычага регулировочного. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления корпуса рычага регулировочного для условий крупносерийного производства.

Ключевые слова: данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, план обработки, технологическое оснащение, режимы обработки, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;

- по третьему разделу – произведено совершенствование специального инструмента и способа сверления на базе литературных исследований;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии;

- по разделу «Заключение» представлены достижения и выводы по данной работе.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 74 страниц, содержащей 14 таблиц, 3 рисунка, и графическую часть, содержащую 7 листов.

ABSTRACT

Improvement of the technological process of manufacturing the control lever housing. Bachelor's work. Tolyatti. Togliatti state University, 2019.

The bachelor's work presents the technology of manufacturing the lever body for the adjustment conditions of large-scale production.

Key words: design data, blank, manufacturing method, processing route, processing plan, technological equipment, processing modes, device, tool, safety and environmental friendliness of the project, economic efficiency.

The following results have been achieved in the implementation of bachelor's work:

- section "Introduction" - investigated the relevance and purpose of this work;
- on the first section - investigated the initial data for the design of the process parts;
- on the second section – development of technological process is carried out;
- on the third section – improvement of the special tool on the basis of literary researches is made;
- on the fourth section - measures on safety and environmental friendliness of the project are investigated;
- on the fifth section – the value of economic efficiency of the developed technology is investigated;
- under the section "Conclusion" presents the achievements and conclusions of this work.

Bachelor's work contains an explanatory note in the amount of 74 pages containing 14 tables, 3 figures, and a graphic part containing 7 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2. Анализ технологичности конструкции детали	7
1.3 Задачи работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Выбор типа производства.....	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3. Проектирование заготовки	14
2.4 Разработка технологического маршрута обработки детали	15
2.5 Расчет режимов резания и норм времени	16
2.6 Синхронизация переходов на агрегатной операции	40
3 Совершенствование специального инструмента.....	42
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	52
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	52
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	52
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	53
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	55
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	57
4.6 Заключение по разделу.....	58
5 Экономическая эффективность работы.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЕ А	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	71

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на рынке машиностроительной продукции доминируют компании широко использующие средства автоматизации при производстве продукции. Номенклатура таких средств огромна, затраты на их производство составляют значительную часть себестоимости продукции.

Одним из основных элементов таких автоматизированных систем являются различные отсекающие устройства. В основе своей они содержат регулировочное устройство по отсечению деталей. Деталь «Корпус рычага регулировочного» предназначена для присоединения составных частей устройства отсечения с целью обеспечения точного расположения деталей при всех условиях эксплуатации. Поэтому, можно утверждать, что тема данной работы, направленная на создание деталей для средств автоматизации является актуальной.

Цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса изготовления корпуса рычага регулировочного с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Деталь «Корпус рычага регулировочного» предназначена для присоединения составных частей рычага регулировочного с целью обеспечения точного расположения деталей при всех условиях эксплуатации.

По конструктивному оформлению данная деталь относится ко второй группе корпусных деталей (детали с внутренними цилиндрическими поверхностями).

Выполнение деталью своих функций определяется размерами, заданными на чертеже детали.

На основе служебного назначения проводим классификацию поверхностей по их функциональному назначению (таблица 1.1).

В качестве материала корпуса Рычага регулировочного, примем серый чугун – СЧ 18. Основные характеристики: высокая вибростойкость (способность гасить вибрации, по отношению к стали и др.); хорошая обрабатываемость; предел прочности при растяжении $-\sigma_B = 18 \text{ кгс/мм}^2$; предел прочности при изгибе $-\sigma_H = 36 \text{ кгс/мм}^2$; плотность материала $-\rho = 7,0 \text{ Мг/м}^3$.

Точность размеров, формы расположения поверхностей, шероховатость выбраны исходя из условий работы детали.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали по функциональному назначению

№	Виды поверхностей	Номера поверхностей
1	Исполнительные конструкторские базы	5;13
2	Основные конструкторские базы	4;14;15
3	Вспомогательные конструкторские базы	9;7
4	Свободные	1;2;3;6;7;8;9;10;11;12

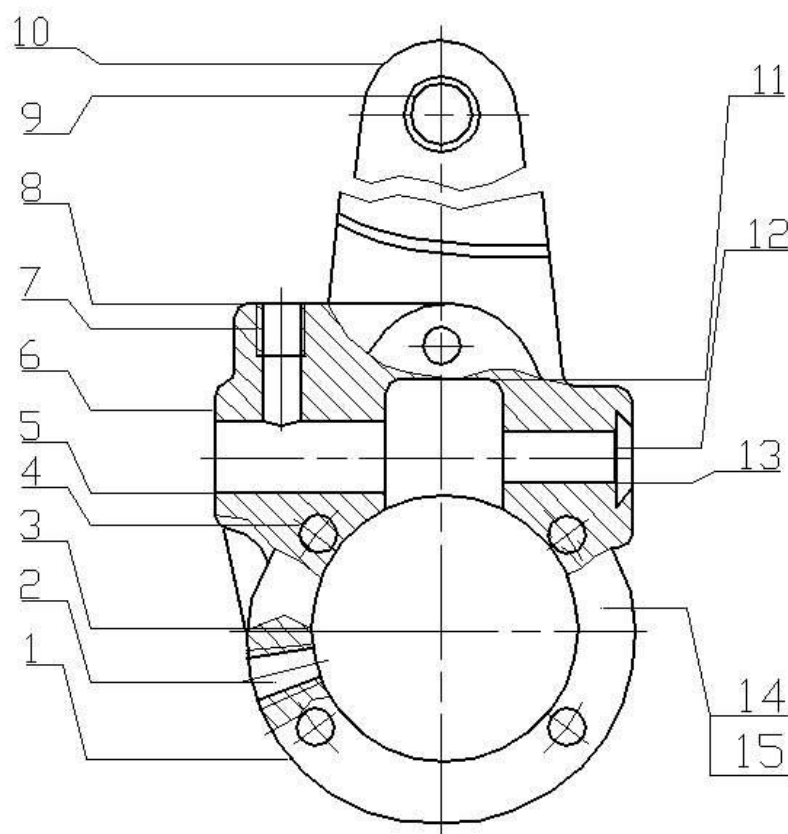


Рисунок 1.1 – Общий вид детали «Корпус рычага регулировочного»

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции корпуса масляного насоса будем проводить по следующим группам критериев:

- технологичность заготовки;
- технологичность конструкции детали в целом;
- технологичность базирования и закрепления;
- технологичность обрабатываемых поверхностей.

Заготовка обеспечивает следующие критерии технологичности:

- обрабатываемость заготовки (алюминий – легкообрабатываемый материал);
- возможность получения заготовки рациональным способом (литье под давлением или литье в кокиль);
- свободные поверхности формируются на заготовительной операции.

Конструкция детали обеспечивает следующие критерии технологичности:

- использование стандартных и унифицированных элементов (заготовка отвечает данным критериям, т.к. выполнена из простых конструкторских элементов по стандарту);
- применение типового технологического процесса;
- возможность одновременной обработки нескольких заготовок на одной операции (применение агрегатных станков);
- доступ к местам контроля.

Технологичность базирования и закрепления:

- наличие опорных поверхностей;
- совпадение технологических и измерительных баз;
- точность и шероховатость базовых поверхностей.

Технологичность обрабатываемых поверхностей:

- поверхности разделены по своим назначениям;
- точность и шероховатость достаточны для выполнения деталями своих функций;
- возможность выхода инструмента.

1.3 Задачи работы

Для достижения цели бакалаврской работы, ранее сформулированной в введении данной работы, необходимо решить следующие задачи:

- 1) Рассмотреть исходные данные на предмет формирования перспективного технологического процесса;
- 2) Рассмотреть тип и спроектировать заготовку;
- 3) Рассмотреть вопросы по созданию технологического процесса;
- 4) Рассмотреть вопросы проектирования специального инструмента и метода сверления;
- 5) Рассмотреть мероприятия по охране труда;
- 6) Определить экономический эффект работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор типа производства

Тип производства определяем в зависимости от годового объема изготовления детали равному 220000 штук в год и ее массы равной 1,2кг, по табл.4.2. [5].

Тип производства – крупносерийный. В крупносерийном производстве применяют поточно-автоматизированную форму обработки детали. Деталь обрабатывают на агрегатных станках.

Такт выпуска детали определяем по формуле 2.1:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_d}{N} \quad (2.1)$$

Где: Φ_d – действительный годовой фонд времени работы металлообрабатывающего оборудования

N – годовой объём выпуска деталей.

В результате имеем:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_d}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{220000} = 1,095$$

2.2 Выбор метода получения заготовки

Альтернативными методами получения заготовки являются:

- литье под давлением;
- литье в кокиль.

Для определения рационального метода получения заготовки воспользуемся технико-экономическим анализом, методика приведена в [6]. Деталь относится к третьей группе сложности.

Для сравнения двух приведённых вариантов изготовления заготовки необходимо произвести интегральное сравнение для двух вариантов

коэффициента металлоёмкости и технологической себестоимости, коэффициент металлоёмкости будет вычислен, необходимо рассчитать технологическую себестоимость.

$$K_{ИМ} = \frac{1,2}{1,6} = 0,75$$

Технологическая себестоимость определяется по следующей формуле:

$$C_T = \frac{q}{K_{И.М.}} \cdot (C_{заг.} + C_{мех.} - C_{отх.}) \cdot K_{И.М.} \quad (2.2)$$

Где: $C_{заг.}$ – стоимость одного килограмма заготовки [руб./кг]

$C_{мех.}$ – стоимость механической обработки, отнесённая к одному килограмму срезаемой стружки [руб./кг]

$C_{отх.}$ – цена одного килограмма отходов [руб./кг]

q – масса детали [кг]

$K_{И.М.}$ – коэффициент использования материала.

Для определения технологической себестоимости необходимо определить стоимость изготовления заготовки для двух, сравниваемых вариантов:

Определение затрат на заготовку, получаемую литьём под давлением.

Стоимость заготовок – отливок можно определить, с достаточной для данного расчёта точностью по следующей формуле:

$$C_{заг.} = C_{от.} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \quad (2.3)$$

Где: $C_{от.}$ – базовая стоимость одного кг заготовок – отливок, руб.

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объёма производства заготовок.

За базовую стоимость принимают стоимость заготовок, равную $C_{от.} = 1,78$ руб./кг для литья под давлением.

Значение коэффициента k_T принимают в зависимости от класса точности отливки, в данном k_T равен 1.

Значение коэффициента k_M принимают в зависимости от марки материала, так как заготовка, изготавливается из СЧ - 18, то коэффициент k_M равен 1,21.

Значение коэффициента k_C принимают в зависимости от марки материала заготовки, и от группы сложности, равной 1, в данном случае k_C равен 1.

Значение k_B принимают в зависимости от массы поковки и марки материала, в данном случае имеем k_B равным 1.

Коэффициент k_{II} принимают в зависимости от группы серийности в задании указан объём производства больше базового, равный 220000 штук в год, поэтому группа серийности третья, соответственно $k_{II}=1$.

В результате получим:

$$C_{заг.} = C_{от.} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} = 1,78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 1 = 2,16 \text{ руб./кг}$$

Определение технологической себестоимости изготовления детали из заготовки – отливки, полученной литьём под давлением.

Для определения технологической себестоимости необходимо определить $C_{мех.}$ по следующей формуле:

$$C_{мех.} = C_c + E_n \cdot C_k \quad (2.4)$$

Где: C_c – текущие затраты на один кг стружки [руб./кг]

C_k – капитальные затраты на один килограмм стружки [руб./кг]

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений

$E_n=0,15$

C_c, C_k – зависят от вида производства, в данном случае имеем для станкостроения:

$$C_k = 1,035 \text{ руб./кг}$$

$$C_c = 0,356 \text{ руб./кг}$$

В результате получим:

$$C_{\text{мех.}} = C_c + E_n \cdot C_k = 0,356 + 1,035 \cdot 0,15 = 0,511 \text{ руб./кг}$$

$C_{\text{отх.}} = 0,0144 \text{ руб./кг}$ за отходы в виде стружки для доменных печей

$$C_T = \frac{q}{K_{\text{И.М.}}} \cdot (C_{\text{заг.}} + C_{\text{мех.}} - C_{\text{отх.}}) \cdot K_{\text{И.М.}} = \frac{1,2}{0,75} \cdot (1,16 + 0,511 - 0,0144) \cdot 0,75 = 3,655 \text{ руб.}$$

Определение затрат на заготовку – отливку, получаемую литьём в кокиль.

Стоимость заготовок – отливок можно определить, с достаточной для данного расчёта точностью по следующей формуле:

$$C_{\text{заг.}} = C_{\text{от.}} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}$$

Где: $C_{\text{от.}}$ – базовая стоимость одного кг заготовок – отливок, руб.

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\text{П}}$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объёма производства заготовок.

За базовую стоимость принимают стоимость заготовок, равную $C_{\text{от.}} = 0,29 \text{ руб./кг}$ для литья в кокиль.

Значение коэффициента k_T принимают в зависимости от класса точности отливки, в данном k_T равен 1.

Значение коэффициента k_M принимают в зависимости от марки материала, так как заготовка, изготавливается из СЧ – 18, то коэффициент k_M равен 1,21.

Значение коэффициента k_C принимают в зависимости от марки материала заготовки, и от группы сложности, равной 3, в данном случае k_C равен 1.

Значение k_B принимают в зависимости от массы поковки и марки материала, в данном случае имеем k_B равным 1

Коэффициент k_{II} принимают в зависимости от группы серийности в задании указан объём производства больше базового, равный 220000 штук в год, поэтому группа серийности третья, соответственно $k_{II}=1$.

В результате получим:

$$C_{заг.} = C_{от.} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} = 0,29 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 1 = 0,36 \text{ руб./кг}$$

Определение технологической себестоимости изготовления детали из заготовки – отливки, полученной литьём в кокиль.

Для определения технологической себестоимости необходимо определить $C_{мех.}$ по следующей формуле:

$$C_{мех.} = C_c + E_n \cdot C_k$$

Где: C_c – текущие затраты на один кг стружки [руб./кг]

C_k – капитальные затраты на один килограмм стружки [руб./кг]

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений

$$E_n = 0,15$$

C_c , C_k – зависят от вида производства, в данном случае имеем для станкостроения:

$$C_k = 1,035 \text{ руб./кг}$$

$$C_c = 0,356 \text{ руб./кг}$$

В результате получим:

$$C_{мех.} = C_c + E_n \cdot C_k = 0,356 + 1,035 \cdot 0,15 = 0,511 \text{ руб./кг}$$

$C_{отх.} = 0,0144 \text{ руб./кг}$ за отходы в виде стружки для доменных печей

$$C_T = \frac{q}{K_{И.М.}} \cdot [C_{заг.} + C_{мех.} - C_{отх.}] \cdot (-K_{И.М.}]$$

$$= \frac{1,2}{0,75} \cdot [3,36 + 0,511 - 0,0144] \cdot (-0,75] = 0,775 \text{ руб.}$$

Экономический эффект при сопоставлении различных способов изготовления заготовок, рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N \quad (2.5)$$

Где: C_{T_2} , C_{T_1} – технологические стоимости изготовления детали, соответственно для заготовки отливки, и заготовки штамповки.

N – годовая программа выпуска деталей

$$\Delta = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N = (6,655 - 0,775) \cdot 220000 = 633600 \text{ руб.}$$

В соответствии с вышеприведёнными расчётами делаю вывод выгоднее производить детали из заготовок производимых литьём в кокиля, соответственно для дальнейших расчётов принимаю вид заготовки отливка в кокиль.

2.3. Проектирование заготовки

Способ литья – литьё в кокиль.

Исходя из требований ГОСТ 26845-85, назначаем припуски и допуски на размеры детали и сводим эти данные в таблицу 4.1, но так как размеров довольно много сведу размеры представленные на заготовке в определённые размерные промежутки. Точность изготовления заготовки – 12 квалитет.

Литейные уклоны назначаем исходя из технических требований и соблюдая единообразие для упрощения изготовления литейной детали, и согласно ГОСТ 26645-85 и ГОСТ 8908-88 принимаем литейные уклоны $1,5^0$ и их направление в сторону увеличения размеров.

Литейные радиусы принимаем, по ГОСТ 26645-85, равными 3 мм.

Заготовка представлена на чертеже в графической части данной бакалаврской работы.

Таблица 2.1 – Проектирование отливки

Размер детали, мм	Допуск на размер отливки, мм	Припуск, мм
0-4	0,5	1,6
4-6	0,56	2,2
6-10	0,64	2,3
10-16	0,7	2,4
16-25	0,8	2,6
25-40	0,9	2,8
40-63	1	3
63-100	1,1	3
100-160	1,2	3
160-250	1,4	3

2.4 Разработка технологического маршрута обработки детали

Деталь обрабатывается на агрегатно-поточном станке.

Таблица 2.2 - Технологический маршрут изготовления корпуса рычага регулировочного.

№ пов.	Вид повер-хности	Квалите-т точности	Шероховатость R_a	Последовательность обработки
1	О	12	20	Литьё в кокиль
2	О	8	6,3	Сверление – Резьбонарезание
3	О	12	20	Литьё в кокиль
4	О	8	6,3	Сверление
5	О	7	3,2	Сверление
6	П	12	20	Литьё в кокиль
7	О	8	6,3	Сверление – Нарезание резьбы
8	П	12	20	Литьё в кокиль
9	П	8	6,3	Сверление
10	О	12	20	Литьё в кокиль
11	П	8	6,3	Фрезерование
12	О	7	6,3	Растачивание – Растачивание чистовое
13	О	7	3,2	Растачивание
14	П	8	6,3	Фрезерование
15	П	8	6,3	Фрезерование

2.5 Расчет режимов резания и норм времени

Расчёт режимов обработки буду вести по [3]

Фрезерование поверхностей 14,15.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ и средней ширины фрезерования $b_{cp.}$, всё в миллиметрах по следующим формулам:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} \quad (2.6)$$

$$b_{cp.} = \frac{F}{L_{рез.}} \quad (2.7)$$

Где: $L_{рез}$ – равно длине обработки в направлении резания

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента

$L_{дон.}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

F – площадь фрезеруемых поверхностей.

$$b_{cp.} = \frac{F}{L_{рез.}} = \frac{9858}{113} = 87 \approx 100 \text{ мм.}$$

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} = 113 + 54 = 167 \text{ мм.}$$

Определим рекомендуемую подачу на зуб фрезы по таблицам S_z в мм./зуб. Для торцевых фрез с пластинками из твёрдого сплава, если глубина резания составляет 3мм. Подача составит 0,2мм./зуб.

Необходимо определить стойкости инструмента по таблицам T_p в минутах резания. Так как фреза с твёрдосплавными пластинами и соответственно с диаметром 100мм. Стойкость составит $T_p = 240 \text{ мин.}$

Необходимо определить скорость резания V в м./мин., она определяется по формуле:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.8)$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от размеров обработки, он равен $K_1 = 1$

K_2 – коэффициент, зависящий от состояния обрабатываемой поверхности и её твёрдости, он равен $K_2 = 1,1$, так как на поверхности заготовки нет корки и твёрдость составляет НВ=190

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента и материала инструмента, в данном случае материалом инструмента является твёрдый сплав и время стойкости инструмента составляет 240 минут, поэтому $K_3 = 1$.

Далее, имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 110 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 121 \text{ м / мин.}$$

Расчёт числа оборотов шпинделя n оборотов в минуту по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 100} = 385 \approx 400 \text{ об./ мин} \quad (2.9)$$

Уточним скорость резания по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 400}{1000} = 125,6 \text{ м.мин} \quad (2.10)$$

Необходимо определить минутную подачу по следующей формуле:

$$S_M = S_Z \cdot Z_U \cdot n \quad (2.11)$$

Где: Z_U – число зубьев фрезы, в данном случае равное 8

Отсюда получаем:

$$S_M = S_Z \cdot Z_U \cdot n = 0,2 \cdot 8 \cdot 400 = 640 \text{ мм / мин}$$

Расчёт основного машинного времени обработки t_M в минутах будет вести по следующей формуле:

$$t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_M} = \frac{167}{640} = 0,2609 \text{ мин.} \quad (2.12)$$

Необходимо рассчитать подачу на один оборот фрезы по следующей формуле:

$$S_0 = S_Z \cdot Z_U = 0,2 \cdot 8 = 1,6 \text{ мм / об} \quad (2.13)$$

Сверление поверхностей 4.

Сверление пяти отверстий будет выполняться одной шпиндельной головкой, что сократит время обработки и позволит получить более точное взаимное положение отверстий друг относительно друга.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} \quad (2.14)$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 4 \text{ мм}$.

$L_{дон}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} = 37 + 4 = 41 \text{ мм.}$$

Определим подачи для инструментов головки по таблице, группа подач 2, так как сверление инструментом твёрдосплавным.

Необходимо определить соотношение $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{37}{8} = 4,7$, отсюда $S_0 = 0,12 \text{ мм/об}$

Надо определить подачи головки за один оборот шпинделя станка по следующей формуле:

$$S_{Ош} = S_0 \cdot i \quad (2.15)$$

Так как число инструментов равно четырём имеем:

$$S_{Ош} = S_0 \cdot i = 0,12 \cdot 5 = 0,6$$

Определяю стойкость для лимитирующего инструмента T_p в минутах резания $T_p = 240 \text{ мин.}$

Определим скорость резания для инструментов:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.16)$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 0,9$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1$.

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{47}{8} = 5,8$, поэтому $K_3 = 0,8$.

Табличная скорость резания составляет $V_{табл} = 27 \text{ м/мин}$

Далее имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 27 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 = 19,44 \text{ м/мин.}$$

Расчитаем скорость вращения инструментов, соответствующих рекомендуемым по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,44}{3,14 \cdot 8} = 773 \approx 760 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 760}{1000} = 19,09 \text{ м/мин.}$$

Определим минутную подачу для отдельных инструментов, исходя из установленной подачи $S_0 = 0,12$ по следующей формуле:

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,12 \cdot 760 = 91,2 \text{ мм/мин} \quad (2.17)$$

Определим число оборотов шпинделя ведущего вала:

$$n_{ш} = \frac{S_M}{S_{ош}} = \frac{91,2}{0,6} = 152 \quad (2.18)$$

Расчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{п.х.}}{S_M} = \frac{41}{91,2} = 0,449 \text{ мин.} \quad (2.19)$$

Сверление поверхности 9.

Данное отверстие не требует сколь – нибудь высоких требований к качеству поверхности, но не к расположению, поэтому режимы могут быть весьма высокими.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 6 \text{ мм}$.

$L_{дон}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} = 10 + 6 = 16 \text{ мм}.$$

Необходимо определить соотношение $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{10}{13} = 0,8$, отсюда

$$S_0 = 0,22 \text{ мм / об}$$

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин}$.

Определим скорость резания:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1,6$.

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{10}{13} = 0,8$, поэтому $K_3 = 1$.

Табличная скорость резания составляет $V_{табл} = 22 м / мин$

Далее имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 22 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 = 42,24 м / мин.$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 42,24}{3,14 \cdot 13} = 1034 \approx 1000 об. / мин$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13 \cdot 1000}{1000} = 40,82 м / мин.$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{р.х.}}{S_0 \cdot n} = \frac{16}{0,22 \cdot 1000} = 0,0727 мин.$$

Засверливание фаски поверхности 9.

Данное отверстие не требует высоких требований к качеству поверхности, но не к расположению, поэтому режимы могут быть весьма высокими.

Расчёт длины рабочего хода $L_{р.х.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{р.х.} = L_{рез} + y + L_{дон}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 6 \text{ мм}$.

$L_{доп.}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{р.х.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 1,5 + 6 = 7,5 \text{ мм}.$$

Необходимо определить соотношение $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{1,5}{16} = 0,09$, отсюда $S_0 = 0,22 \text{ мм/об}$

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин}$.

Определим скорость резания:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1,6$.

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{10}{13} = 0,8$, поэтому $K_3 = 1$.

Табличная скорость резания составляет $V_{табл} = 22 \text{ м/мин}$

Далее имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 22 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 = 42,24 \text{ м/мин}.$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 42,24}{3,14 \cdot 16} = 840 \approx 800 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 800}{1000} = 40,21 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n} = \frac{7,5}{0,22 \cdot 1000} = 0,034 \text{ мин.}$$

Сверление поверхностей 5 и 13.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 12 \text{ мм}$.

$L_{доп}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 89 + 12 = 101 \text{ мм.}$$

Необходимо определить соотношение $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{89}{28} = 3,17$, отсюда

$$S_0 = 0,38 \text{ мм/об}$$

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин.}$

Определим скорость резания:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1,6$.

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру $\frac{L_{\text{рез}}}{d} = \frac{89}{28} = 3,17$, поэтому $K_3 = 1$.

Табличная скорость резания составляет $V_{\text{табл}} = 21 \text{ м/мин}$

Далее имеем:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 21 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 = 40,32 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40,32}{3,14 \cdot 28} = 458 \approx 450 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 450}{1000} = 39,58 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n} = \frac{101}{0,38 \cdot 1000} = 0,2657 \text{ мин.}$$

Растачивание поверхности 3.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 6 \text{ мм}$.

$L_{доп}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 34 + 6 = 40 \text{ мм.}$$

Назначим подачу шпинделя на оборот шпинделя по соответствующим таблицам $S_0 = 0,6 \text{ мм / об}$.

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин}$.

Определим скорость резания:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1$.

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки, поэтому $K_3 = 0,85$.

Табличная скорость резания составляет $V_{табл} = 72 м / мин$

Далее имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 72 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,85 = 73,44 м / мин.$$

Рассчитаем рекомендуемое число оборотов шпинделя по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 73,44}{3,14 \cdot 56} = 417 \approx 400 об./мин$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 400}{1000} = 70,37 м / мин.$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{п.х.}}{S_0 \cdot n} = \frac{40}{0,6 \cdot 400} = 0,1666 мин.$$

Фрезерование поверхности 11.

Расчёт длины рабочего хода $L_{п.х.}$ и средней ширины фрезерования $b_{ср}$, всё в миллиметрах по следующим формулам:

$$L_{п.х.} = L_{рез} + y + L_{дон}$$

$$b_{ср.} = \frac{F}{L_{рез.}}$$

Где: $L_{рез}$ – равно длине обработки в направлении резания

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента

$L_{доп.}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

F – площадь фрезеруемых поверхностей.

$$b_{ср.} = \frac{F}{L_{рез.}} = \frac{850}{25} = 34 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 75 + 10 = 85 \text{ мм.}$$

Определим рекомендуемую подачу на зуб фрезы по таблицам S_z в мм./зуб. Для торцовых фрез с пластинками из твёрдого сплава, если глубина резания составляет 3мм. Подача составит 0,15мм./зуб.

Необходимо определить стойкости инструмента по таблицам T_p в минутах резания. Так как фреза с твёрдосплавными пластинами и соответственно с диаметром 16 мм. Стойкость составит $T_p = 240 \text{ мин.}$

Необходимо определить скорость резания V в м./мин., она определяется по формуле:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от размеров обработки, он равен $K_1 = 0,9$

K_2 – коэффициент, зависящий от состояния обрабатываемой поверхности и её твёрдости, он равен $K_2 = 0,65$, так как на поверхности заготовки нет корки и твёрдость составляет HB=190

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента и материала инструмента, в данном случае материалом инструмента является твёрдый сплав и время стойкости инструмента составляет 240 минут, поэтому $K_3 = 1$.

Далее имеем:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 120 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 = 70,2 \text{ м / мин.}$$

Расчёт числа оборотов шпинделя n оборотов в минуту по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 70,2}{3,14 \cdot 15} = 1489 \approx 1400 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 1400}{1000} = 65,973 \text{ м.мин}$$

Необходимо определить минутную подачу по следующей формуле:

$$S_M = S_Z \cdot Z_U \cdot n$$

Где: Z_U – число зубьев фрезы, в данном случае равно 8

Отсюда получаем:

$$S_M = S_Z \cdot Z_U \cdot n = 0,15 \cdot 8 \cdot 1400 = 1680 \text{ мм / мин}$$

Расчёт основного машинного времени обработки t_M в минутах будем вести по следующей формуле:

$$t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_M} = \frac{85}{1680} = 0,05 \text{ мин.}$$

Необходимо рассчитать подачу на один оборот фрезы по следующей формуле:

$$S_0 = S_Z \cdot Z_U = 0,15 \cdot 8 = 1,2 \text{ мм / об}$$

Точение поверхности 12.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 6 \text{ мм}$.

$L_{доп}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 5 + 6 = 11 \text{ мм.}$$

Назначим подачу шпинделя на оборот шпинделя по соответствующим таблицам $S_0 = 0,6 \text{ мм / об}$.

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин}$.

Определим скорость резания:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1$.

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки, поэтому $K_3 = 0,85$.

Табличная скорость резания составляет $V_{\text{табл}} = 72 \text{ м/мин}$

Далее имеем:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 72 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,85 = 73,44 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем рекомендуемое число оборотов шпинделя по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 73,44}{3,14 \cdot 20} = 1168 \approx 1100 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1100}{1000} = 69,11 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_0 \cdot n} = \frac{11}{0,6 \cdot 1100} = 0,0167 \text{ мин.}$$

Сверление поверхности 7.

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 5 \text{ мм}$.

$L_{дон}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} = 19 + 5 = 24 \text{ мм}.$$

Необходимо определить соотношение $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{19}{10} = 1,9$, отсюда

$$S_0 = 0,22 \text{ мм / об}$$

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин}$.

Определим скорость резания:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1,6$.

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру

$$\frac{L_{рез}}{d} = \frac{19}{10} = 1,9, \text{ поэтому } K_3 = 1.$$

Табличная скорость резания составляет $V_{табл} = 19 м / мин$

Далее имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 19 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 = 36,48 м / мин.$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 36,48}{3,14 \cdot 10} = 1161 \approx 1150 об. / мин$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1150}{1000} = 36,11 м / мин.$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{р.х.}}{S_0 \cdot n} = \frac{24}{0,22 \cdot 1150} = 0,0948 мин.$$

Сверление поверхности 2.

Расчёт длины рабочего хода $L_{р.х.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{р.х.} = L_{рез} + y + L_{дон}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 5 мм$.

$L_{доп.}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{п.х.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 13 + 5 = 18 \text{ мм.}$$

Необходимо определить соотношение $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{13}{10} = 1,3$, отсюда

$$S_0 = 0,22 \text{ мм / об}$$

T_M – стойкость инструмента в минутах машинной работы станка, в данном случае он равен $T_M = 240 \text{ мин.}$

Определим скорость резания:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Где: K_1 – коэффициент зависящий от обрабатываемого материала, он равен $K_1 = 1,2$.

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, он равен $K_2 = 1,6$.

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру $\frac{L_{рез}}{d} = \frac{19}{10} = 1,9$, поэтому $K_3 = 1$.

Табличная скорость резания составляет $V_{табл} = 19 \text{ м / мин}$

Далее имеем:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 19 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 = 36,48 \text{ м / мин.}$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 36,48}{3,14 \cdot 10} = 1161 \approx 1150 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1150}{1000} = 36,11 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаю основное машинное время обработки в минутах:

$$t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n} = \frac{18}{0,22 \cdot 1150} = 0,0711 \text{ мин.}$$

Резьбонарезание поверхности 7.

Машинное время резьбонарезания метчиком определяется по следующей формуле из [3]:

$$t_M = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S \cdot n}$$

Где: S – шаг резьбы

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 5 \text{ мм}$.

$L_{дон}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон} = 11 + 5 = 16 \text{ мм.}$$

Скорость резания определяется по следующей формуле:

$$V = V_{табл} \cdot K_V$$

По таблице определим табличную скорость резания $V_{табл} = 10 \text{ м/мин}$

K_V – коэффициент, зависящий от вида обрабатываемого материала и в данном случае он равен $K_V = 0,8$.

$$V = V_{табл} \cdot K_V = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 10} = 254 \approx 250 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 250}{1000} = 7,85 \text{ м/мин.}$$

В результате имеем:

$$t_M = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S \cdot n} = \frac{2 \cdot 16}{1,5 \cdot 250} = 0,0853 \text{ мин}$$

Резьбонарезание поверхности 2.

Машинное время резьбонарезания метчиком определяется по следующей формуле из [3]:

$$t_M = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S \cdot n}$$

Где: S – шаг резьбы

Расчёт длины рабочего хода $L_{p.x.}$ в миллиметрах по следующей формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп}$$

Где: $L_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности.

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, в данном случае равно $y = 5 \text{ мм}$.

$L_{доп}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{доп} = 13 + 5 = 18 \text{ мм}.$$

Скорость резания определяется по следующей формуле:

$$V = V_{табл} \cdot K_V$$

По таблице определим табличную скорость резания $V_{табл} = 10 \text{ м/мин}$

K_V – коэффициент, зависящий от вида обрабатываемого материала и в данном случае он равен $K_V = 0,8$.

$$V = V_{табл} \cdot K_V = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем скорость вращения инструмента по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 10} = 254 \approx 250 \text{ об./мин}$$

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 250}{1000} = 7,85 \text{ м/мин.}$$

В результате имеем:

$$t_M = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S \cdot n} = \frac{2 \cdot 18}{1,5 \cdot 250} = 0,096 \text{ мин}$$

Штучное время определим по формуле (2.20):

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{оп} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right) \quad (2.20)$$

где, α , мин. (часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, примем $\alpha = 2\%$);

β , мин. (часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах, примем $\beta = 4\%$).

$$t_{шт} = 1,06 \cdot t_{оп};$$

Для удобства восприятия информации, занесем все полученные данные в таблицу 2.3.

Необходимо найти время обработки на каждой позиции и затем провести синхронизацию, данные необходимые для данного расчёта внесу в таблицу 2.4

Таблица 2.3 - Расчет режимов резания и норм времени

№ пов.	L _{р.х.} , мм	t, мм	T, мин	S ₀ , мм/об	V, м/мин	n, об/мин	t _{оп} , мин	t _{шт} , мин
14,15	167	3,0	240	1,6	125,6	400	0,2609	0,277
4	41	-	240	0,12	19,09	760	0,449	0,476
9	16	-	240	0,22	40,82	1000	0,0727	0,077
9	7,5	1,5	240	0,22	40,21	800	0,034	0,036
5,13	101	-	240	0,38	39,58	450	0,2657	0,281
3	40	3	240	0,6	70,37	400	0,1666	0,177
11	85	3	240	1,2	65,97	1400	0,05	0,053
7	24	-	240	0,22	36,11	1150	0,0948	0,1
12	11	5	240	0,6	69,11	1100	0,0167	0,018
2	18	-	240	0,22	36,11	1150	0,0711	0,075
7	16	-	240	1,5	7,85	250	0,083	0,088
2	18	-	240	1,5	7,85	250	0,096	0,102

Таблица 2.4 - Время обработки на каждой позиции

Номер позиции	Номера поверхности	Способ выполнения	S ₀ , мм/об	V, м/мин	n, об/мин	t _{оп} , мин	t _{шт} , мин	Общее время На позиции
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позиция №2	14	Последовательно	1,6	125,6	400	0,2609	0,277	0,753
	9		0,22	40,82	1000	0,0727	0,077	
	4	Параллельно	0,12	19,09	760	0,449	0,476	
Позиция №4	5,13	Последовательно	0,38	39,58	450	0,2657	0,281	0,558
	9		0,22	40,21	800	0,034	0,036	
	15	Параллельно	1,6	125,6	400	0,2609	0,277	
Позиция №6	2	Параллельно	0,22	36,11	1150	0,0711	0,075	0,1
	7		0,22	36,11	1150	0,0948	0,1	
	12		0,6	69,11	1100	0,0167	0,018	
	11		1,2	65,97	1400	0,05	0,053	
Позиция №7	3	Последовательно	0,6	70,37	400	0,1666	0,177	0,279
	7		Параллельно	1,5	7,85	250	0,083	
	2	Параллельно	1,5	7,85	250	0,096	0,102	

2.6 Синхронизация переходов на агрегатной операции

Лимитирующее штучное время – при обработке детали на позиции номер один, оно равно $\tau = 0,753$, учитывая время на индексацию, принятое равным $\tau_{ин} = 0,1$, $\tau = 0,853 \approx 0,9$ такое время принимаю с учётом необходимости отвода инструмента.

Такт выпуска (определен в пункте 2.1): $\tau_B = 1,095$ мин.

В условиях массового производства, при обработке на агрегатно-поточном станке следует провести синхронизацию. Сравнивая время обработки детали и штучное время приходим к выводу, что данное производство имеет запас по производительности, что позволит увеличить программу выпуска, даже если будут происходить сбои в производстве.

Для обеспечения нормальной работы инструментов увеличиваем штучное время так, чтобы $t_{шт}$, было приблизительно равно такту выпуска. После этого корректируем режимы резания.

На всех позициях считаю целесообразным изменять подачу, так как изменение других параметров резания может негативно сказаться на параметрах обработанной детали.

$$t_{on} = \frac{t_{um}}{1,06} \Rightarrow S_0 = \frac{L_{p.x.}}{t_{on} \cdot n} = \frac{1,06 \cdot L_{p.x.}}{t_{um} \cdot n}$$

Так же в плане обработке присутствуют работы по нарезанию резьбы, где манипулирование подачей невозможно, поэтому на этих операциях будем корректировать скорость вращения шпинделя по следующей формуле:

$$t_o = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S \cdot n} \Rightarrow n = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S \cdot t_o}$$

Скорректированные режимы представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Скорректированные режимы обработки

Номер позиции	Номера поверхностей	Способ выполнения	S_0 , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	$t_{оп}$, мин	$t_{шт}$, мин	Общее время На позиции
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позиция №2	14	Последовательно	1,1	125,6	400	0,377	0,4	0,9
	9		0,06	40,82	1000	0,471	0,5	
	4	Параллельно	0,11	19,09	760	0,471	0,5	
Позиция №4	5,13	Последовательно	0,18	39,58	450	0,471	0,5	0,9
	9		1,1	125,6	400	0,377	0,4	
	15	Параллельно	0,024	40,21	800	0,377	0,4	
Позиция №6	2	Параллельно	0,02	36,11	1150	0,954	0,9	0,9
	7		0,024	36,11	1150	0,954	0,9	
	12		0,01	69,11	1100	0,954	0,9	
	11		0,071	65,973	1400	0,954	0,9	
Позиция №7	3	Последовательно	0,206	70,37	400	0,471	0,5	0,9
	7		Параллельно	1,5	1,88	60	0,377	
	2	Параллельно	1,5	1,93	65	0,377	0,4	

3 Совершенствование специального инструмента

Сверление отверстий в заготовках, может иметь непредсказуемые последствия. Например, при сверлении режущим инструментом сквозного отверстия в заготовке, выход режущего инструмента из заготовки при завершении отверстия может привести расслаиванию слоев в той или иной степени заготовки возле отверстия. Расслаивание слоев заготовки может ослабить заготовку и дестабилизировать соединение крепежных элементов с отверстием.

Способы и системы предназначены для того, чтобы уменьшить расслаивание в заготовках, во время выполнения отверстий в заготовках. В общем случае на поверхности выхода из заготовки выполняют фаску вокруг направляющего отверстия, заранее выполненного в этой заготовке. Фаска, выполненная на поверхности выхода из заготовки, может быть обозначена как задняя фаска. Когда для расширения отверстия режущий инструмент проходит через заранее выполненное отверстие от поверхности входа к поверхности выхода из заготовки, режущий инструмент выходит из заготовки через фаску. Характеристики фаски, такие как наклонные или скошенные поверхности фаски, уменьшают склонность слоев заготовки к расслаиванию при выполнении режущим инструментом расширения отверстия и выходе из заготовки. Для заготовок, поверхность выхода которых может быть недоступной для выполнения задней фаски, например если поверхность выхода выполнена закрытой, некоторые варианты реализации способов и систем согласно настоящему изобретению упрощают выполнение задних фасок на поверхностях выхода, являющихся недоступными.

Согласно одному варианту реализации изобретения раскрыт первый способ выполнения отверстия в заготовке, имеющей первую поверхность и вторую поверхность, расположенную напротив первой поверхности. Способ включает выполнение в заготовке первого отверстия, имеющего первый

диаметр, посредством проведения первого режущего инструмента через заготовку от первой поверхности ко второй поверхности. Дополнительно, способ включает выполнение фаски на второй поверхности заготовки концентрично с первым отверстием с использованием второго режущего инструмента. Фаска имеет второй диаметр, который больше, чем первый диаметр. Способ также включает выполнение в заготовке второго отверстия, имеющего третий диаметр, который больше, чем первый диаметр, концентрично с первым отверстием посредством проведения третьего режущего инструмента через заготовку от первой поверхности ко второй поверхности.

В некоторых вариантах осуществления первого способа, выполнение фаски на второй поверхности заготовки включает вставку второго режущего инструмента в первое отверстие от первой поверхности заготовки ко второй поверхности заготовки.

Выполнение фаски на второй поверхности заготовки может также включать выполнение вторым режущим инструментом, вставленным в первое отверстие, орбитального вращения вокруг центральной оси первого отверстия с резкой при этом заготовки.

Первый способ может дополнительно включать числовое программное управление работой второго режущего инструмента для выполнения фаски на второй поверхности заготовки. Вторым режущим инструментом может быть фреза для пазов типа "ласточкин хвост". Фреза для пазов типа "ласточкин хвост" имеет максимальный диаметр резания, который меньше, чем первый диаметр первого отверстия.

В одном варианте осуществления первого способа, первый режущий инструмент включает в себя сверло с канавками или первую развертку, а третий режущий инструмент включает в себя вторую развертку.

Согласно некоторым вариантам осуществления первого способа, второй диаметр фаски является максимальным диаметром фаски.

Дополнительно, второй диаметр фаски может быть меньше, чем третий диаметр второго отверстия.

В некоторых вариантах осуществления первого способа, второй диаметр фаски больше, чем третий диаметр второго отверстия.

Согласно некоторым вариантам осуществления первого способа, заготовка включает в себя множество расположенных друг между другом слоев.

В другом варианте реализации раскрыт второй способ выполнения отверстия в заготовке. Заготовка имеет первую поверхность и вторую поверхность, расположенную напротив первой поверхности. Вторым способом включает выполнение направляющего отверстия в многослойной композитной заготовке. Направляющее отверстие проходит от первой поверхности ко второй поверхности. Дополнительно, вторым способом включает выполнение фаски на второй поверхности многослойной композитной заготовки концентрично с направляющим отверстием. Вторым способом также включает расширение направляющего отверстия, осуществляемое с помощью фаски, выполняемой на второй поверхности многослойной композитной заготовки.

Согласно некоторым вариантам осуществления второго способа, вторая поверхность заготовки выполнена по существу закрытой таким образом, что вторая поверхность недоступна из второго пространства непосредственно возле второй поверхности многослойной композитной заготовки.

Выполнение фаски на второй поверхности заготовки может включать вставку второго режущего инструмента в направляющее отверстие из первого пространства непосредственно возле первой поверхности многослойной композитной заготовки, и орбитальное вращение второго режущего инструмента вокруг центральной оси направляющего отверстия с резкой при этом второй поверхности многослойной композитной заготовки. Расширение направляющего отверстия может включать проведение третьего

режущего инструмента через направляющее отверстие и фаску из первого пространства непосредственно возле первой поверхности заготовки.

В некоторых вариантах осуществления второго способа, выполнение фаски на второй поверхности заготовки включает вставку четвертого режущего инструмента в направляющее отверстие из второго пространства непосредственно возле второй поверхности заготовки.

Дополнительно, расширение направляющего отверстия может включать проведение третьего режущего инструмента через направляющее отверстие и фаску из первого пространства непосредственно возле первой поверхности заготовки.

Согласно некоторым вариантам осуществления второго способа, расширение направляющего отверстия включает расширение направляющего отверстия до четвертого диаметра, который меньше, чем максимальный диаметр фаски.

В некоторых вариантах осуществления второго способа, расширение направляющего отверстия включает расширение направляющего отверстия до четвертого диаметра, который больше, чем максимальный диаметр фаски.

Согласно еще одному варианту реализации изобретения раскрыта система для выполнения отверстия в заготовке. Заготовка имеет первую поверхность и вторую поверхность, расположенную напротив первой поверхности.

Система включает в себя первый режущий инструмент, выполненный с возможностью резания цилиндрического отверстия, имеющего первый диаметр, второй режущий инструмент, выполненный с возможностью резания фаски, третий режущий инструмент, выполненный с возможностью резания цилиндрического отверстия, имеющего второй диаметр, который больше, чем первый диаметр, и контроллер.

Контроллер выполнен с возможностью обеспечения выполнения первым режущим инструментом резания через заготовку первого отверстия, имеющего первый диаметр, обеспечения выполнения вторым режущим

инструментом резания фаски на второй поверхности заготовки концентрично с первым отверстием, и обеспечения выполнения третьим режущим инструментом расширения первого отверстия от первого диаметра до второго диаметра посредством проведения третьего режущего инструмента через заготовку в направлении, проходящем от первой поверхности заготовки ко второй поверхности заготовки.

В некоторых вариантах осуществления системы, второй режущий инструмент имеет максимальный диаметр резания, который меньше, чем первый диаметр. Дополнительно, контроллер выполнен с возможностью обеспечения выполнения вторым режущим инструментом резания фаски на второй поверхности заготовки посредством вставки второго режущего инструмента в первое отверстие в направлении, проходящем от первой поверхности заготовки ко второй поверхности заготовки, и выполнения вторым режущим инструментом, вставленным в первое отверстие, орбитального вращения вокруг центральной оси первого отверстия с резкой при этом второй поверхности заготовки.

Описанные признаки, конструкции, преимущества и/или характеристики объекта настоящего изобретения могут быть объединены любым подходящим способом в одном или большем количестве его вариантов реализации и/или осуществления. В последующем описании многочисленные конкретные детали представлены для обеспечения полного понимания вариантов реализации объекта настоящего изобретения. Специалисту в данной области техники будет понятно, что объект настоящего изобретения может быть практически реализован без одного или большего количества особенных признаков, деталей, компонентов, материалов и/или способов конкретного варианта реализации или осуществления изобретения. В других случаях, в конкретных вариантах реализации и/или осуществления изобретения могут быть определены дополнительные признаки и преимущества, которые могут не присутствовать во всех вариантах реализации или осуществления изобретения. Кроме того, в

некоторых случаях хорошо известные конструкции, материалы или операции не показаны или не описаны подробно, чтобы не допустить потери ясности особенностей объекта настоящего изобретения. Признаки и преимущества объекта настоящего изобретения станут более очевидными из последующего описания и прилагаемой формулы изобретения или могут быть изучены при практической реализации раскрытого объекта, как изложено ниже.

В графической части бакалаврской работы показана система для выполнения отверстия в заготовке согласно одному варианту реализации. В общем случае, система включает в себя сверлильный станок, режущий инструмент, контроллер и робота. Режущий инструмент с возможностью вращения соединен со сверлильным станком, который выполнен с возможностью вращения режущего инструмента вокруг центральной оси. Хотя на чертежах это не показано, сверлильный станок может включать в себя шпиндель или двигатель, выполненный с возможностью вращения привода режущего инструмента, который посредством зажимного патрона может быть соединен для совместного вращения с двигателем.

Шпиндель или двигатель могут включать в себя любой из различных двигателей, таких как электродвигатели, электромагнитные двигатели, пневматические двигатели, гидравлические двигатели и тому подобное. По мере вращения режущего инструмента сверлильный станок перемещают относительно заготовки, например, вдоль оси подачи, параллельной центральной оси режущего инструмента, или оси подачи, перпендикулярной центральной оси режущего инструмента, для проведения режущего инструмента, по меньшей мере частично, через заготовку для выполнения отверстия в заготовке. Как определено в настоящем документе, отверстие является сквозным и полностью проходит через заготовку, а также имеет входное отверстие на первой поверхности (например, поверхности входа) заготовки и выходное отверстие на второй поверхности (например, поверхности выхода) заготовки, расположенной напротив первой поверхности. В некоторых вариантах реализации изобретения сверлильный

станок является дыропробивной машиной, а режущий инструмент является дыропробивным инструментом, которым осуществляют пробивание заготовки с помощью дыропробивной машины для выполнения в заготовке отверстия.

Соответственно, при использовании в настоящем документе режущий инструмент может представлять собой сверло, выполненное с возможностью вращения, или пробивной инструмент, выполненный не вращательным, а выполнение отверстия в заготовке может быть осуществлено сверлением заготовки с помощью режущего инструмента или пробиванием заготовки с помощью режущего инструмента.

Контроллер, или модуль управления, функционально соединен со сверлильным станком для числового программного управления работой сверлильного станка. Например, контроллер может включать в себя программируемую логическую схему, которая обуславливает передачу команд и энергии в сверлильный станок для управления эксплуатационными характеристиками сверлильного станка и режущего инструмента. В одном варианте осуществления контроллер осуществляет передачу команд и энергии в сверлильный станок для достижения требуемой скорости вращения режущего инструмента. Контроллер может изменять команды и мощности, чтобы изменять скорость вращения режущего инструмента, например, с учетом типа используемого режущего инструмента, типа подвергаемого резке материала и/или типа резания, выполняемого с заготовкой.

Дополнительно, контроллер может быть выполнен с возможностью числового программного управления перемещением сверлильного станка и режущего инструмента относительно заготовки с помощью робота. В общем случае, в некоторых вариантах осуществления, хотя это не показано, робот включает в себя руку и рабочий орган, к которому прикреплен сверлильный станок. Программируемая логическая схема контроллера выполнена с возможностью подачи команд роботу для перемещения сверлильного станка относительно заготовки, как необходимо для выполнения отверстия 60 в

заготовке. Робот может быть выполнен с возможностью перемещения сверлильного станка и режущего инструмента вдоль любого количества осей подачи для выполнения отверстий в заготовке, имеющих любое количество форм и размеров. Более того, робот может быть выполнен с возможностью размещения сверлильного станка и режущего инструмента на противоположных сторонах или поверхностях заготовки для приближения к заготовке, при выполнении отверстий, с любой поверхности заготовки.

Многие из функциональных блоков, помечены как модули для того, чтобы, в частности, подчеркнуть возможность их независимого осуществления. Например, модуль может быть реализован в качестве аппаратной схемы, содержащей пользовательские сверхбольшие интегральные схемы или вентиляльные матрицы, готовые или стандартные полупроводники, такие как логические микросхемы, транзисторы и другие отдельные компоненты. Модуль также может быть реализован в программируемых аппаратных устройствах, таких как программируемые вентиляльные матрицы, программируемые логические матрицы, программируемые логические устройства и т.п.

Модули также могут быть реализованы в программном обеспечении для исполнения процессорами различных типов. Отождествленный модуль компьютерочитаемого программного кода, например, может включать в себя один или более физических или логических блоков компьютерных инструкций, которые могут, например, быть организованы в виде объекта, процедуры или функции. Тем не менее, исполняемые файлы не обязательно должны быть физически расположены вместе, а могут содержать разнородные инструкции, хранящиеся в различных местах, которые, когда они соединены друг с другом логически, содержат указанный модуль и обеспечивают достижение указанной для модуля цели.

Действительно, модуль компьютерочитаемого программного кода может представлять собой одну инструкцию или множество инструкций и даже может быть распределен по нескольким разным кодовым сегментам,

разным программам и разным устройствам памяти. Схожим образом, оперативные данные могут быть определены в настоящем документе в пределах модулей и могут быть реализованы в подходящей форме и организованы в структурных данных любого подходящего типа. Оперативные данные могут быть собраны как единый набор данных или могут быть распределены по разным местам, включая различные устройства для хранения, и могут существовать, по меньшей мере частично, просто как электронные сигналы в системе или сети. Если модуль или части модуля реализованы в программном обеспечении, компьютерочитаемый программный код может быть сохранен и/или распространен на одном или большем количестве компьютерочитаемых носителей.

Компьютерочитаемый носитель может быть материальным компьютерочитаемым носителем хранения, хранящим компьютерочитаемый программный код.

В контексте данного документа компьютерочитаемый носитель для хранения может представлять собой любой материальный носитель, который может содержать и/или сохранять компьютерочитаемый программный код для использования системой исполнения команд, устройством или прибором и/или в связи с системой исполнения команд, устройством или прибором.

Компьютерочитаемый носитель также может представлять собой компьютерочитаемый носитель сигнала. Компьютерочитаемый носитель сигнала может включать в себя распространяемый сигнал данных с компьютерочитаемым программным кодом, встроенным в него, например, в полосе частот или в качестве части несущей волны. Такой распространяемый сигнал может принимать любую из различных форм, включающую, но без ограничения, электрическую, электромагнитную, магнитную, оптическую или любую подходящую их комбинацию. Компьютерочитаемый носитель сигнала может представлять собой любой компьютерочитаемый носитель, который не является компьютерочитаемым носителем для хранения и который может передавать, распространять или перемещать

компьютерочитаемый программный код для использования системой исполнения команд, устройством или прибором или в связи с системой исполнения команд, устройством или прибором. Компьютерочитаемый программный код, реализованный на компьютерочитаемом носителе сигнала, может быть передан с использованием подходящего носителя, включая, но без ограничения, проводной и беспроводной, волоконно-оптический кабель, радиочастоты (RF) или тому подобное, или любую подходящую комбинацию из вышеперечисленного.

Использование данного способа позволяет существенно снизить процент брака на сверлильных переходах обработки корпуса регулировочного рычага и увеличить стойкость инструмента, что способствует достижению цели настоящей бакалаврской работы, сформулированной в разделе «Введение».

4. Безопасность и экологичность технического объекта

Анализ безопасности и экологичности технического объекта для наглядности представим в виде таблиц 4.1 – 4.8.

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Технологический процесс	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Материалы, вещества	Оборудование, техническое устройство, приспособление
Агрегатная	Сверление отверстий	Оператор станков с ЧПУ	Охлаждающая эмульсия, стружка	Приспособление специальное

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Агрегатная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях	Обрабатываемая заготовка,

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Механическая обработка корпуса регулировочного рычага	Токарнофрезерный станок	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
1	2	3	4	5	6	7
Пенные огнетушители, ящики с песком, боты, ломы	Автомобили пожарные мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
Технологический процесс изготовления корпуса регулировочного рычага	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негоряемом ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

1	2	3	4	5
Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления корпуса регулировочного рычага	Станок токарный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления корпуса регулировочного рычага
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

Выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления корпуса регулировочного рычага, разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению детали и выбор средств пожаротушения. Приведены

результаты анализа по обеспечению экологической безопасности
технического объекта.

5. 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.

Подробное описание совершенствования технологического процесса изготовления детали «Корпус рычага регулировочный» представлено в предыдущих разделах. В этих разделах выполнен выбор оборудования, оснастки и инструмента для изготовления описанной детали. Также разобран метод получения заготовки, с обоснованием его выбора.

Учитывая описание всего технологического процесса, был рассчитан общий объем инвестиций в проектируемый вариант технологического процесса, при этом использовалась методика «Расчет капитальных вложений (инвестиций)» [10]. Данная величина учитывала целый ряд показателей, таких как: прямые капитальные вложения в основное оборудование и сопутствующие капитальные вложения, состоящие из:

- «затрат на проектирование,
- затрат на доставку и монтаж оборудования,
- затрат на транспортные средства,
- затрат на приспособление,
- затрат на инструмент,
- стоимости аппаратуры для записи программ,
- оборотных средств в незавершенном производстве» [10].

Величина основных показателей, входящих в общие инвестиции, таких как: прямые капитальные вложения и сопутствующие капитальные вложения, а также величина общих капитальных вложений (общих инвестиций в проектируемый вариант) представлены на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Величина общих капитальных вложений и их основных показателей, руб.

Анализируя представленный рисунок, видно, что для внедрения описываемого технологического процесса необходимы инвестиции в объеме 17536182,4 рублей.

После определения величины инвестиций, необходимо определить технологическую и полную себестоимость изготовления детали «Корпус рычага регулировочный» по совершенствованному технологическому процессу.

Используя методику «Расчет технологической себестоимости» [10], была определена величина данного показателя для заданной детали. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- «основной материал за вычетом отходов;
- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» [10].

Значения описанных показателей изготовления детали «Корпус рычага регулировочный» по совершенствованному технологическому процессу, представлен на рисунке 5.2.

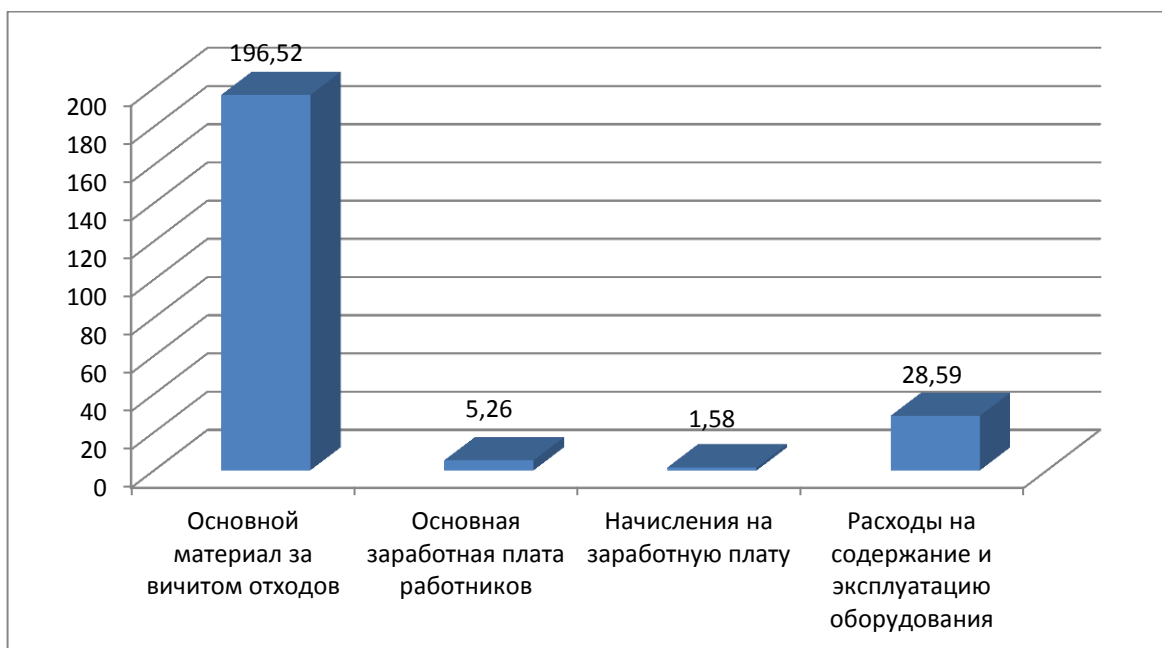


Рисунок 5.2 – Величина показателей, входящих в технологическую себестоимость детали «Корпус рычага регулировочный», по совершенствованному технологическому процессу, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что самая большая доля, в формировании технологической себестоимости, принадлежит такому показателю, как, основные материалы за вычетом отходов. Доля данного показателя в общей величине технологической себестоимости, равной 231,95 рубля, составляет 84,73%. Следующим по величине, оказывая влияния на технологическую себестоимость, является показатель «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования». На его долю приходится 12,32%. Третьим является основная заработная плата, с долей 2,27%, и последнее место занимают начисления на заработную плату, с долей – 0,68%.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная

себестоимость изготовления детали «Корпус рычага регулировочный», которая составила 251,84 рублей.

Учитывая долю рентабельности производства в 18% и объем производства 220000 штук, предприятие может получить чистую прибыль в размере 7978291,2 рублей. Такая величина чистой прибыли позволит окупить предполагаемые инвестиции, в объеме 17536182,4 рублей, в течение 4-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 3111635,2 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0 , то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,18 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы выполнены все необходимые проектные и конструкторские расчеты, проведены необходимые исследования и т.д. Более подробно, по разделам, достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;

- по третьему разделу – произведено совершенствование специального инструмента и способа сверления на базе литературных исследований;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии, величина чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), составляет 3111635,2 рублей;

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - разработка технологического процесса изготовления корпуса рычага регулировочного с минимальной себестоимостью, достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: Высш.школа, 1980, 240 с.
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартиформ, 2010. – 35 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim, J.P. Modern Machining Technology. / J.P. Davim, - A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p.

20 Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining / J.P. Davim, - Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim, J.P. Machining / J.P. Davim, - Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 p.

22 Jackson, Mark. Machining with Abrasives Springer, / Mark Jackson, - New York, 2011. 439 p.

23 Klocke, F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer / F. Klocke, -Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, - 433 p.

24 Linke, B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, - 265 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта

Добр.																			
Взам.																			
Подп.																			
Разраб.	Шмелев																		
Проб.	Воронцов																		
Учб.	Логинов																		
Т.Контроль.	Егоров																		
	ТСУ Кафедра ОТМП																		
			Корпус рычага регулировочного																
№ 1 СЧ 18 ГОСТ 14.12-79																			
№ 2	Код	ЕВ	МД	Нрассх	КИМ	Код азарты	Профиль и размеры		МД	МЗ									
	31	166	1,4к2	1	0,4	14	185 x 40 x 89		1	1,6к2									
A	Чек	Уч	РМ	Опер		Код наименования операции		СМ	проф	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кипт	Тпас	Тшт	
B	XX XX XX		000	Заготовительная															
A03																			
B04																			
05																			
A06	XX XX XX	005	4.02	Агрегатная		18217	22	1Р	3	8	1	200					0,9		
B07	Агрегатный 8-ми позиционный станок																		
T08	396171 Палец установочный																		
009	Фрезеровать поверхность 14 в размер ^{4.029} 37																		
T10	391802 Фреза торцовая ВК6 φ100 ГОСТ 9304-69																		
011	396171 Приспособление специальное																		
T12	Сверлить отверстие 4 в размер φ8 ^{4.022} 5 отверстие, глубиной 37																		
013	391210 Сверло спиральное ВК6 φ8 ГОСТ 10903-77																		
T14	Сверлить отверстие 9 в размер φ13 ^{4.027} 1 отверстие, глубиной 10 фаска 1,5x45 ⁰																		
015	391210 Сверло спиральное комбинированное ВК6 ГОСТ 10903-77																		
T16																			
МК																			

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначения документа										
						СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б					Код, наименование оборудования											
T01	396171 Палец установочный															
002	Фрезеровать поверхности 15 в размер					34	+0,039									
T03	391802 Фреза тарцовая ВК6				ГОСТ 9304-69											
004	396171 Приспособление специальное															
T05	Засверлить отверстие 9 в размер				фаска 15X45	0										
006	391210 Сверло спиральное комбинированное ВК6				ГОСТ 10903-77											
T07	Сверлить поверхности 5,13 соответственно в размеры				$\phi 10$	$+0,018$	$\phi 14$	$+0,018$								
008	391210 Сверло спиральное комбинированное ВК6				ГОСТ 10903-77											
T09	396171 Приспособление специальное					$+0,018$										
010	Сверлить поверхность 7 в размер				М10											
T11	391210 Сверло спиральное М10 ВК6				ГОСТ 10903-77											
012	Сверлить поверхность 2 в размер				$\phi 13$	$+0,016$	К3/2									
T13	391210 Сверло спиральное коническое К3/2 ВК6				ГОСТ 10903-77											
014	Точить поверхность 12 в размер				$\phi 20$	$+0,018$										
T15	392104 Резец фасонный ВК6				ГОСТ 18882-73											
016	Фрезеровать поверхность 11 в размеры				25	$+0,021$										
T17	391802 Фреза пальцевая @15 ВК6				ГОСТ 9304-69											
018	Нарезать резьбу поверхность 7				М10	$+0,035$	в размеры	93	$+0,054$	$+0,033$						
T19	391330 Метчик короткий ВК8				ГОСТ 3266-81											
020	Нарезать резьбу поверхность 2				К 3/2											
T21	391330 Метчик короткий конический К3/2 ВК8				ГОСТ 3266-81											
022	Распачивать поверхности 3 в размер 56				40	$+0,050$										
T23	392104 Резец расточной ВК6				ГОСТ 18882-73											
МК																

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционная карта

Дцкл.					
Взам.					
Подл.					

Листов			Лист

Разраб. Шмелев
Проб. Воронав

ТГУ

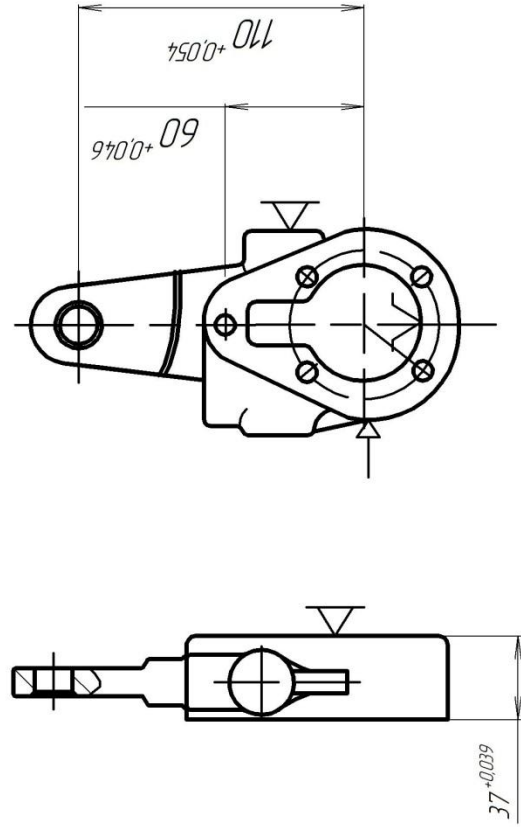
Н. контр. Егоров
Утв. Логинов

Корпус рычага регулировочного

Цех Уч. Р.М 005

Позиция II

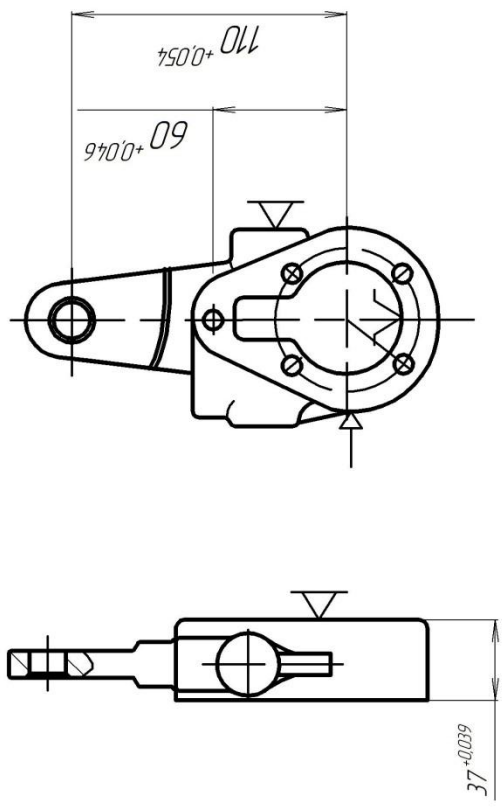
$\nabla Ra\ 0,63$



Дцбл.																				
Взам.																				
Подл.																				
Разраб.																				
Проб.	Шмелев																			
	Воронов																			
И контр.	Егоров																			
Утв.	Логинов																			
			ТГУ						Листов	Лист										
			Корпус рычага регулировочного						Цех	Уч.	Р.М.	005								

Позиция IV

▽ Ra 6,3



КЗ

Дудл.	
В зам.	
Подл.	

		Листов	Лист
--	--	--------	------

Разраб.	Шмелев
Проб.	Воронцов

Н. контр.	Егоров
Умб.	Лазинин

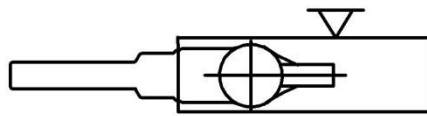
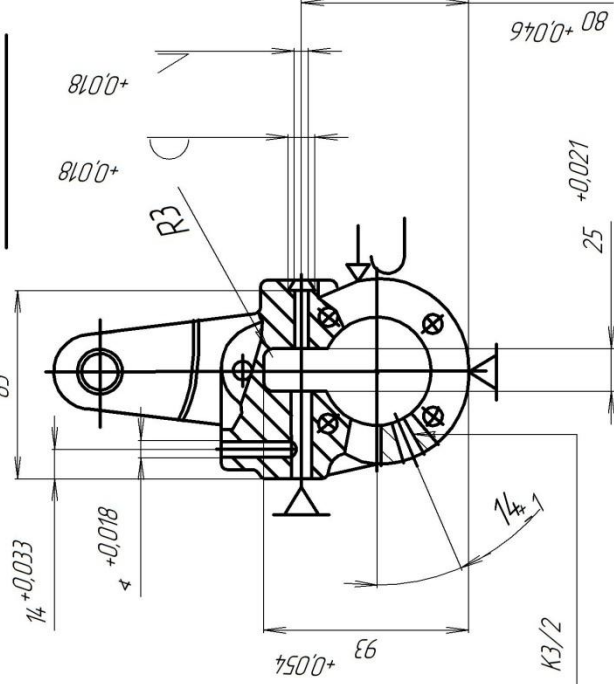
ТГУ

Корпус рычага регулировочного

Цех	Уч.	Р.М.	005
-----	-----	------	-----

Позиция VI

▽ Ra 6,3



КЭ