



## **Аннотация**

Щербинин Михаил Олегович: Разработка технологического процесса изготовления корпуса цангового патрона центра «Формула Станок».

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ, Тольятти, 2020 г.

Данная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления корпуса цангового патрона центра «Формула Станок». Работа разделена на 6 разделов. В первом разделе проводится анализ исходных данных. Во втором разделе проектируется технологический маршрут обработки заготовки и осуществляется расчет технологических операций. Третий раздел направлен на проектирование специального автоматизированного станочного приспособления. В четвертом разделе рассматриваются вопросы проектирования режущего инструмента. Пятый раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технического объекта. В шестом разделе ведется расчет экономической эффективности принятых технических решений.

Пояснительная записка состоит из 72 страниц. Графическая часть включает 7 чертежей формата А1.

## **Abstract**

As a result of the final qualification work, we designed the technological process of manufacturing the collet cartridge case. The technological process is equipped with modern technological tools: cutting tools, equipment, machine tools, technical controls.

In the course of the work, the method of economic comparison was chosen for the stamping method of obtaining the workpiece. Based on the annual program of production of parts and weight, the serial production type is selected. Based on the required quality of processing, the methods of processing the surfaces of the part are selected. Based on these methods, a technological route for manufacturing collet devices has been developed.

The design of an automated collet clamping device has been developed for fixing the workpiece on a lathe. The introduction of this device reduces the auxiliary operation time spent on the installation and removal of the workpiece.

For the same turning operation, it is proposed to use a high-speed steel kalvin with a wear-resistant coating of titanium nitride as a cutting tool. Wear-resistant coatings are currently being introduced in large numbers on various metal-cutting tools. This will increase the tool life by 2 times and reduce the time spent on replacing the tool.

In this work, the safety analysis was performed and the environmental expertise was carried out. The economic calculation of the proposed changes showed a positive effect.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Назначение детали и условия ее работы .....	7
1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия....	7
2 Технологическая часть работы.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	11
2.4 Определение припусков.....	13
2.5 Расчет режимов резания.....	17
3 Проектирование специальных средств технологического оснащения.....	28
3.1 Описание операции .....	28
3.2 Определение усилий резания.....	28
3.3 Расчёт усилия зажима .....	29
3.4 Расчёт зажимного механизма патрона .....	31
3.5 Расчёт силового привода.....	32
4 Проектирование режущего инструмента.....	33
4.1 Описание операции.....	33
4.2 Проектирование развертки.....	33
4.3 Патентный поиск.....	35
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	53
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	53
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	54
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	54
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	56

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	58
6 Экономическая эффективность работы.....	60
Заключение.....	64
Список используемой литературы.....	65
Приложение А. Операционные карты.....	68

## Введение

Студенческий центр «Формула Станок» является очень молодым проектом Тольяттинского государственного университета, где студентами выполняется конструирование, проектирование, модернизация и запуск в эксплуатацию машиностроительного оборудования. Хотя этот проект и достаточно молод, но студентами каждый год выполняются проекты, которые побеждают в различных всероссийских и региональных конкурсах. Проект является частью программы развития опорного университета, а, следовательно, имеет большую значимость в нашем университете.

Важной частью российской машиностроительной промышленности является станкостроение. Отдельным производством станкостроительных заводов является изготовление приспособлений и оснастки для станков. Станочные приспособления являются одним из важных составляющих системы станок-приспособление-инструмент-деталь, так как от качества изготовления приспособления зависит качество закрепления в него детали, что напрямую отразится на качестве ее обработки.

Одним из самых распространенных приспособлений станков токарной группы является цанговые патроны. Они могут быть самых разнообразных конструкций, но объединяет их то, что главным элементом приспособлений является цанга, которая непосредственно зажимает обрабатываемую деталь.

Немаловажным элементом в конструкции цангового приспособления является корпус, который является основной частью, где собираются все элементы воедино, чтобы выполнять требуемые функции.

Целью работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса цангового патрона центра «Формула Станок» заданного качества с минимальной себестоимостью.

## 1 Анализ исходных данных

### 1.1 Назначение детали и условия ее работы

Корпус цангового патрона является основной частью приспособления, в которую собираются все элементы воедино, чтобы выполнять требуемые функции.

### 1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия

Пронумеруем все поверхности детали и произведем их классификацию по назначению (рисунок 1).

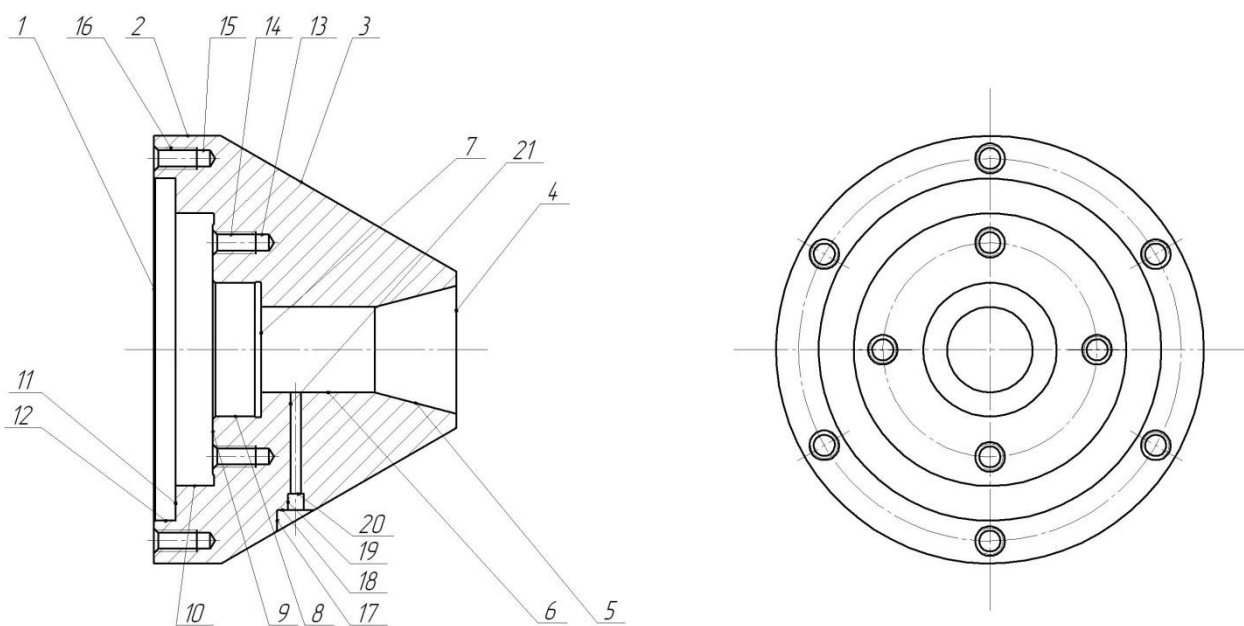


Рисунок 1 - Классификация поверхностей детали

Исполнительной поверхностью детали является поверхность 5.

Основными конструкторскими базами являются поверхности 9 и 12.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются поверхности 1, 8, 14, 16 18 и 19.

Деталь изготовлена из конструкционной легированной стали 19ХГН ГОСТ 4543-71. [1]

В состав этого материала входят следующие химические элементы: углерод, сера, молибден, фосфор, марганец, кремний, никель, хром и железо. [2]

Основными физико-механическими свойствами материала стали 19ХГН являются:  $\sigma_B = 700$  МПа, твердость после заготовительной операции  $HB = 197...217$ . [1]

Заготовка для изготовления детали может быть получена прокатом или штамповкой.

«Прокатка является наиболее распространенным и экономичным способом обработки металлов давлением, при котором металл на прокатных станах обжимается вращающимися валками, пластически деформируется и приобретает нужную геометрическую форму». [3]

В нашем случае этой формой является труба.

«Горячую объёмную штамповку применяют для точных заготовок сложной геометрии, форма которых приближается к форме готовой детали. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах, регламентируются ГОСТ 7062-79». [4]

«Обрабатываемость данного материала определяется применяемым способом резания, так как один и тот же материал может плохо обрабатываться одним методом резания и хорошо другим. Следовательно, обрабатываемость материала резанием не является его константой; она зависит от комплекса первичных параметров, определяющих протекание физического механизма процесса, и вторичных параметров обработки. Обрабатываемость материала зависит также от вида операции и принимаемого критерия затупления инструмента». [4]

В данном разделе мы проанализировали условия работы детали, выполнили классификацию поверхностей, проанализировали материал детали для дальнейшего проектирования техпроцесса.



## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Определение типа производства

«В зависимости от номенклатуры и объёма выпуска изделий различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. Серийное производство делят на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное».

[3]

Для определения типа производства основными данными являются масса детали, равная  $m = 8,2$  кг., годовая программа выпуска  $N = 5000$  штук. По этим критериям принимаем для разработки технологического процесса среднесерийное производство.

«Характер технологических процессов серийного производства варьируется в широких пределах от единичного до массового. Правильное определение конкретного проектируемого технологического процесса и степени его технического оснащения является довольно сложной задачей для технолога, требует от него понимания реальной обстановки на предприятии, знания перспектив его развития, умения выполнять сложные технико-экономические расчеты и обоснования». [5]

### 2.2 Выбор метода получения заготовки

Как было оговорено в первой части, наиболее рациональными методами получения заготовки являются прокат и штамповка. Рассчитаем наиболее выгодный вариант.

Масса заготовки при штампованной заготовке  $m_{3ш} = 10,0$  кг, при заготовке-прокате  $m_{3п} = 19,7$  кг, а масса детали  $m = 8,2$  кг.

Найдем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [6]

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

где  $E_H = 0,15; C_c = 0,495; C_K = 1,085$ . [6]

Тогда

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

Найдем стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [6]

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

где  $C_{\text{шт}} = 0,15; k_T = 0,9; k_C = 0,84; k_B = 1,14; k_M = 1,0; k_{II} = 1,0$ . [6]

Тогда

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

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [6].

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

где  $Q_{\text{шт}} = 10,0; q = 8,2; C_{\text{отх}} = 0,0144$ . [6]

Тогда

$$C_{\text{шт}} = 0,2381 \cdot 10,0 + 0,6578(10,0 - 8,2) - (10,0 - 8,2)0,0144 = 3,5391 \text{ (руб.)}$$

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [6]

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

где  $q = 8,2; Q_{\text{пр}} = 19,7; C_{\text{отх}} = 0,0144$ . [6]

Тогда

$$C_{m} = 0,1219 \cdot 19,7 + 0,6578(19,7 - 8,2) - 0,0144(19,7 - 8,2) = 9,8005 \text{ (руб.)}.$$

Наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

### **2.3 Выбор методов обработки поверхностей.**

«При проектировании нового технологического процесса изготовления детали технолог должен по каждому заданному показателю точности из всего арсенала средств технологического воздействия на материалы отобрать, включить в состав технологического процесса и расположить в определенной последовательности во времени и пространстве такие, которые обеспечивают заданную его величину». [5]

«Под методами обработки понимают разновидность воздействия на материал детали для нанесения на него пространственно-размерной информации, отличающейся подводимой в зону обработки энергией, схемой формообразования поверхности, конструкцией рабочего инструмента и численными значениями параметров режима». [5]

«В арсенале технологии машиностроения всегда найдется несколько методов обработки, отвечающих необходимому условию, и технолог должен сделать выбор между ними, используя дополнительные технические и экономические критерии». [5]

Для оптимальной обработки поверхности 1 с параметрами  $Ra=0,8$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 2 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 3 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 4 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 5 с параметрами  $Ra=0,8$ ,  $IT=8$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 6 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 7 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 8 с параметрами  $Ra=0,8$ ,  $IT=7$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 9 с параметрами  $Ra=0,8$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 10 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 11 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 12 с параметрами  $Ra=0,8$ ,  $IT=7$  необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для оптимальной обработки поверхности 13 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для оптимальной обработки поверхности 14 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=9$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление, резьбонарезание.

Для оптимальной обработки поверхности 15 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для оптимальной обработки поверхности 16 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=9$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление, резьбонарезание.

Для оптимальной обработки поверхности 17 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для оптимальной обработки поверхности 18 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление, зенкование.

Для оптимальной обработки поверхности 19 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для оптимальной обработки поверхности 20 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

Для оптимальной обработки поверхности 21 с параметрами  $Ra=3,2$ ,  $IT=14$  необходима следующая последовательность методов обработки: сверление.

## **2.4 Определение припусков**

«Под припуском понимается слой материала, снимаемый с заготовки в результате выполнения одного или нескольких технологических переходов при обработке определенной поверхности. Размер, получаемый на детали

после удаления припуска на заданном переходе, называется межпереходным. В свою очередь, размер на детали, получаемый после удаления припуска на определенной операции, называется операционным». [3]

Определим припуски на обработку поверхности диаметром  $128H7(+0,040)$  мм.

Технологический маршрут изготовления этой поверхности состоит из: точения черного и чистового, термообработки и шлифования черного и чистового.

Исходные данные:  $D = 128H7(+0,040)$  мм;  $L = 7,5$  мм;  $Ra = 0,8$  мкм.

По ГОСТ 25347-82 определим допуски на каждый переход (мм).

$Td_0 = 2,0; Td_1 = 0,300; Td_2 = 0,074; Td_{TO} = 0,120; Td_3 = 0,046; Td_4 = 0,019$ . [8]

Определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки (мм).

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [7] \quad (5)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,2 = 0,550 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,400 = 0,100 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 .$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,160 = 0,040 .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,063 = 0,0016 .$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,040 = 0,0010$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} . [7] \quad (6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,550^2 + 0,025^2} = 0,951 .$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,100^2 + 0} = 0,300 .$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,040^2 + 0} = 0,140.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,016^2 + 0^2} = 0,066.$$

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,951 + 0,5(2,200 + 0,400) = 2,251.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,300 + 0,5(0,400 + 0,100) = 0,550.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,140 + 0,5(0,100 + 0,063) = 0,222.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5(0,063 + 0,040) = 0,118.$$

Рассчитаем максимальный и минимальный диаметры на каждый переход (мм).

$$d_{4\min} = 128,000.$$

$$d_{4\max} = 128,040.$$

$$d_{3\min} = d_{4\min} - 2Z_{4\min} = 128,000 - 2 \cdot 0,066 = 127,868.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} - Td_3 = 127,868 - 0,063 = 127,805.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\min} - 2Z_{3\min} = 127,805 - 2 \cdot 0,140 = 127,525.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} - Td_{TO} = 127,525 - 0,160 = 127,365.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 127,365 \cdot 0,999 = 127,238.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} - Td_2 = 127,238 - 0,100 = 127,138.$$

$$d_{1\min} = d_{2\min} - 2Z_{2\min} = 127,138 - 2 \cdot 0,300 = 126,538.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} - Td_1 = 126,538 - 0,400 = 126,138.$$

$$d_{0\min} = d_{1\min} - 2Z_{1\min} = 126,138 - 2 \cdot 0,951 = 124,236.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} - Td_0 = 124,236 - 2,200 = 122,036.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). [7] \quad (8)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(122,036 + 124,236) = 123,136.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(126,138 + 126,538) = 126,338.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(127,138 + 127,238) = 127,188.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(127,365 + 127,525) = 127,445.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(127,805 + 127,868) = 127,837.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(127,000 + 127,040) = 127,020.$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \cdot [7] \quad (9)$$

$$2Z_{\min} = 128,000 - 124,236 = 3,764.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \cdot [7] \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 3,764 + 2,200 + 0,040 = 6,004.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \cdot [7] \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,764 + 6,004) = 4,884.$$

Графическое изображение полей допусков приведено на рисунке 2.



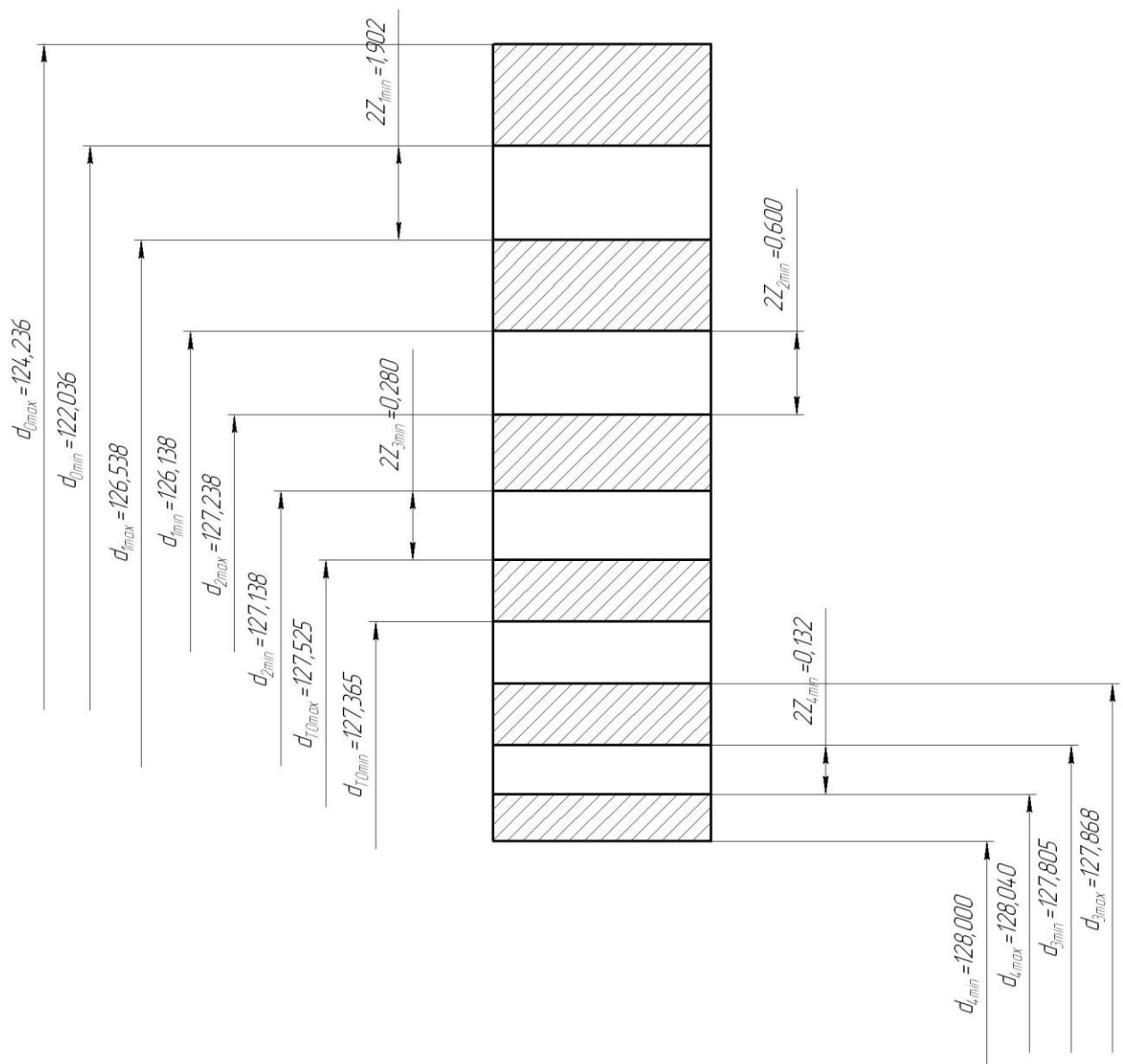


Рисунок 2 - Схема расположения полей допусков и припусков на поверхность диаметром 128H7(+0,040).

## 2.5 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания выполняется с целью оптимизации каждого технологического перехода, целевой функцией которой является производительность.

### 2.5.1 Расчет режимов резания на операцию 005 Токарная черновая.

Переход 1.

«Глубина резания»  $t = 2,5$  мм. [8]

«Подача»  $S_0 = 0,3$  мм/об. [8]

«Скорость резания»  $V_0 = 180$  м/мин. [8]

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

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [8]

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

«Частота вращения». [8]

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

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 165} = 347 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 165 \cdot 315}{1000} = 163,2 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S = S_0 \cdot n \quad (14)$$

$$S = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} \quad (15)$$

$$T_0 = \frac{137}{94,5} = 1,45 \text{ мин.}$$

Переход 2.

«Глубина резания»  $t = 2,5$  мм. [8]

«Подача»  $S_0 = 0,3$  мм/об. [8]

«Скорость резания»  $V_0 = 180$  м/мин. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [8]

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 47,4} = 1209 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,4 \cdot 1000}{1000} = 148,8 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PK}}{S} = \frac{88}{300} = 0,29 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,45 + 0,29 = 1,74, \text{ мин.}$$

## 2.5.2 Расчет режимов резания на операцию 015 Токарная чистовая.

Переход 1.

«Глубина резания»  $t = 0,3$  мм. [8]

«Подача»  $S_0 = 0,2$  мм/об. [8]

«Скорость резания»  $V_0 = 180$  м/мин. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [8]

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 160,3} = 358 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160,3 \cdot 315}{1000} = 158,6 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{123}{94,5} = 1,30 \text{ мин.}$$

Переход 2.

«Глубина резания»  $t = 0,3 \text{ мм}$ . [8]

«Подача»  $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$ . [8]

«Скорость резания»  $V_0 = 180 \text{ м/мин}$ . [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [8]

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

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 47,7} = 1202 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,7 \cdot 1000}{1000} = 149,8 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{84}{300} = 0,28 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Длина рабочего хода инструмента [8]

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad (16)$$

где  $L_{II} = 1$  мм;  $L_D = 0$  мм.

Тогда

$$L = 0,2 + 1 = 1,2, \text{ мм.}$$

«Стойкость инструмента». [8]

$$T_P = T_M \cdot \lambda, \quad (17)$$

где  $T_M = 60$  мин.

Тогда

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача»  $S_0 = 0,1$  мм/об. [8]

«Скорость резания». [8]

$$V = V_{TA} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (18)$$

где  $V_{TA} = 15$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [8]

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,0 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 47,9} = 75, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 63 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,9 \cdot 63}{1000} = 9,5, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 63 = 6,3, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{1,2}{6,3} = 0,19, \text{ мин.}$$

Переход 4.

Длина рабочего хода инструмента [8]

$$L = L_P + L_{II} + L_D,$$

где  $L_{II} = 1$  мм;  $L_D = 0$  мм.

Тогда

$$L = 0,1 + 1 = 1,1, \text{ мм.}$$

«Стойкость инструмента». [8]

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где  $T_M = 60$  мин.

Тогда

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача»  $S_0 = 0,05$  мм/об. [8]

«Скорость резания». [8]

$$V = V_{TA} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $V_{TA} = 15$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [8]

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,0 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4}{3,14 \cdot 47,95} = 26,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 20 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 25}{1000} = 3,8, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 25 = 1,25, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{1,1}{1,25} = 0,88, \text{ мин.}$$

Переход 5.

Длина рабочего хода инструмента [8]

$$L = L_P + L_{II} + L_D,$$

где  $L_{II} = 1$  мм;  $L_D = 0$  мм.

Тогда

$$L = 0,1 + 1 = 1,1, \text{ мм.}$$

«Стойкость инструмента». [8]

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где  $T_M = 60$  мин.

Тогда

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача»  $S_0 = 0,05$  мм/об. [8]

«Скорость резания». [8]

$$V = V_{TA} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $V_{TA} = 15$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [8]

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,0 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4}{3,14 \cdot 48} = 26,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 25 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 25}{1000} = 3,8, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача». [8]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 25 = 1,25, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{1,1}{1,25} = 0,88, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,30 + 0,28 + 0,19 + 0,88 + 0,88 = 3,53, \text{ мин.}$$

### 2.5.3 Расчет режимов резания на операцию 025 Сверлильная.

Переход 1.

Длина рабочего хода инструмента [8]

$$L = L_P + L_{II} + L_D,$$

где  $L_{II} = 1$  мм;  $L_D = 0$  мм.

Тогда

$$L = 23 + 1 = 24, \text{ мм.}$$

«Стойкость инструмента» [8]

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где  $T_M = 60$  мин.

Тогда

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача»  $S_0 = 0,2$  мм/об. [8]

«Скорость резания». [8]

$$V = V_{TA} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $V_{TA} = 15$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [8]

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 7,0} = 514, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 500}{1000} = 11,0, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача» [8]



$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{24 \cdot 10}{100} = 2,40, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Длина рабочего хода инструмента [8]

$$L = L_P + L_{II} + L_D,$$

где  $L_{II} = 1$  мм;  $L_D = 0$  мм.

Тогда

$$L = 1,6 + 1 = 2,6, \text{ мм.}$$

«Стойкость инструмента» [8]

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где  $T_M = 60$  мин.

Тогда

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача»  $S_0 = 0,2$  мм/об. [8]

«Скорость резания» [8]

$$V = V_{TA} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $V_{TA} = 15$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [8]

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 9,2} = 391, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9,2 \cdot 315}{1000} = 9,1, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача» [8]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{2,6 \cdot 10}{63} = 0,41, \text{ мин.}$$

Переход 3.

Длина рабочего хода инструмента [8]

$$L = L_P + L_{II} + L_D,$$

где  $L_{II} = 1$  мм;  $L_D = 0$  мм.

Тогда

$$L = 16 + 1 = 17, \text{ мм.}$$

«Стойкость инструмента» [8]

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где  $T_M = 60$  мин.

Тогда

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

«Подача»  $S_0 = 1,0$  мм/об. [8]

«Скорость резания» [8]

$$V = V_{TA} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $V_{TA} = 10$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [8]

Тогда

$$V = 10 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,0 = 7,5, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения». [8]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 8} = 299, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 250}{1000} = 6,3, \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача» [8]

$$S_M = S_0 \cdot n = 1,0 \cdot 250 = 250, \text{ мм/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_M} = \frac{17 \cdot 10}{250} = 0,68, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 2,40 + 0,41 + 0,68 = 3,49, \text{ мин.}$$

2.5.4 Расчет режимов резания на операцию 040 Внутришлифовальная черновая.

«Скорость резания»  $V = 35 \text{ м/с.}$  [9]

«Скорость вращения заготовки»  $V_3 = 35 \text{ м/мин.}$  [9]

«Частота вращения заготовки» [8]

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 160} = 69,7, \text{ об/мин.}$$

«Основное время». [8]

$$T_0 = \frac{L_{УСК}}{S_{УСК}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{ВЫХ}, \quad (19)$$

где  $T_{ВЫХ} = 0,05 \text{ мин.}$  [8]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{24}{100} + 0,05 = 0,31, \text{ мин.}$$

В данном разделе мы выбрали тип производства, выполнили технико-экономический анализ и спроектировали заготовку, рассчитали припуски на одну из поверхностей детали, выбрали методы обработки на все поверхности, рассчитали режимы резания на операции техпроцесса.

### 3 Проектирование специальных средств технологического оснащения

#### 3.1 Описание операции

На операции 015 Токарная чистовая ведется токарная обработка заготовки. Эскиз операции представлен на рисунке 3.

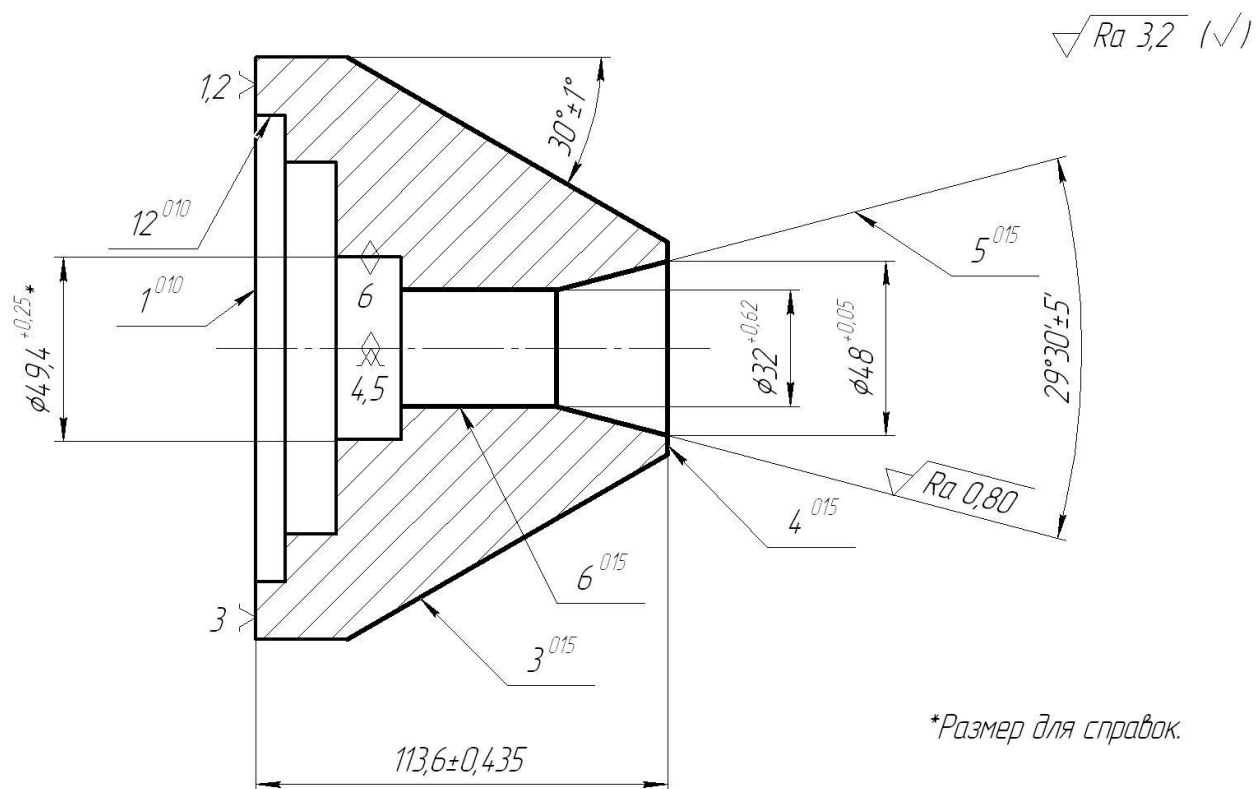


Рисунок 3 - Эскиз операции 015.

#### 3.2 Определение усилий резания

При обработке точением составляющие  $P_z$  и  $P_y$  определяют по формуле:

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \cdot [10] \quad (20)$$

При обработке стальной заготовки резцом с пластиной из твёрдого сплава постоянные формулы (20) равны для  $P_z$ :  $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$ . [10]

Для  $P_y$ :  $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$ . [10]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{np}, \quad (21)$$

где

$$K_{mp} = \left( \frac{\delta_6}{750} \right)^{0,75}. \quad (22)$$

$$K_{ip} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,95.$$

При  $\varphi = 60^0$ ;  $K_{ypz} = 0,94$ ;  $K_{yp_y} = 0,8$ ;  $\gamma = -3^0$ ;  $K_{pz} = 1,05$ ;  $K_{py} = 1,5$ ;

$\lambda = +0,5^0$ ;  $K_{npz} = 1,03$ ;  $K_{np_y} = 1,15$ .

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{pz} \cdot K_{npz} = 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,9658.$$

$$K_{py} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{py} \cdot K_{np_y} = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,311.$$

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 160,3^{-0,15} \cdot 0,9658 = 81,17, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 160,3^{-0,3} \cdot 1,311 = 89,49, \text{ Н.}$$

### 3.3 Расчёт усилия зажима

Результирующий крутящий момент от действия касательной составляющей силы резания пытается повернуть заготовку в кулачках и рассчитывается как

$$M \cdot p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{81,17 \cdot 160,3}{2} = 13011,6, \text{ Н.} [10] \quad (23)$$

Момент от силы зажима препятствует повороту заготовки и определяется по формуле:

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2}. \quad (24)$$

Из равенства моментов  $M_p$  и  $M_3$  рассчитаем необходимое зажимное усилие, которое препятствует повороту изделия.

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2}. \quad [10] \quad (25)$$

Коэффициента запаса  $K$  рассчитывают по формуле, которая определяет условия выполнения операции:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (26)$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8; \quad K_{p_y} = 2,52. \quad [10]$$

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 105,94 \cdot 53,5}{0,3 \cdot 22,62} = 1503, \text{ Н.}$$

Составляющая силы резания  $P_y$  пытается вывернуть заготовку из кулачков

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad [11] \quad (27)$$

Этому препятствует момент от зажимной силы

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (28)$$

Величина усилия  $W_1$ , рассчитывается по формуле:

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{fd_2} = \frac{1,8 \cdot 81,17 \cdot 160,3}{0,3 \cdot 49,4} = 1580,4, \text{ Н.} \quad (29)$$

### 3.4 Расчёт зажимного механизма патрона

Определим усилие  $Q$ , которое создается силовым приводом, увеличиваемое зажимным механизмом

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \cdot [12] \quad (30)$$

Для клинового механизма величину  $i$  находим по формуле:

$$i_{c.кл.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}, [11] \quad (31)$$

где  $\alpha = 15...30^\circ$  – рекомендуемый угол наклона клина. [11]

Принимаем  $\alpha = 15^\circ$ . Углы  $\varphi$  и  $\varphi^1$  найдем по формуле:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot f_1 = \operatorname{arctg} \cdot 0,1 = 5^\circ 49', \text{ отсюда:}$$

$$\text{принимаем } \varphi = \varphi^1 = 5^\circ 50'.$$

Отсюда

$$i_{c.кл.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg} 6^\circ} = 1,9,$$

следовательно

$$Q = \frac{W_1}{i_{c.p.}} = \frac{1859,3}{1,9} = 978,6, \text{ Н.}$$

### 3.5 Расчёт силового привода

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}. \quad [11] \quad (32)$$

Определим диаметр поршня

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{978,6}{0,4}} = 56, \text{ мм.}$$

Принимаем  $D = 80$  мм.

В этом разделе мы спроектировали автоматизированное приспособление на токарную операцию взамен патрона с ручным управлением. Это уменьшит операционное время токарной операции. Приспособление представлено в графической части работы.



## 4 Проектирование режущего инструмента

### 4.1 Описание операции

На токарной чистовой операции 015 требуется обработка конического центрального отверстия. Спроектируем осевой чистовой инструмент для этой операции. Эскиз операции представлен на рисунке 4.

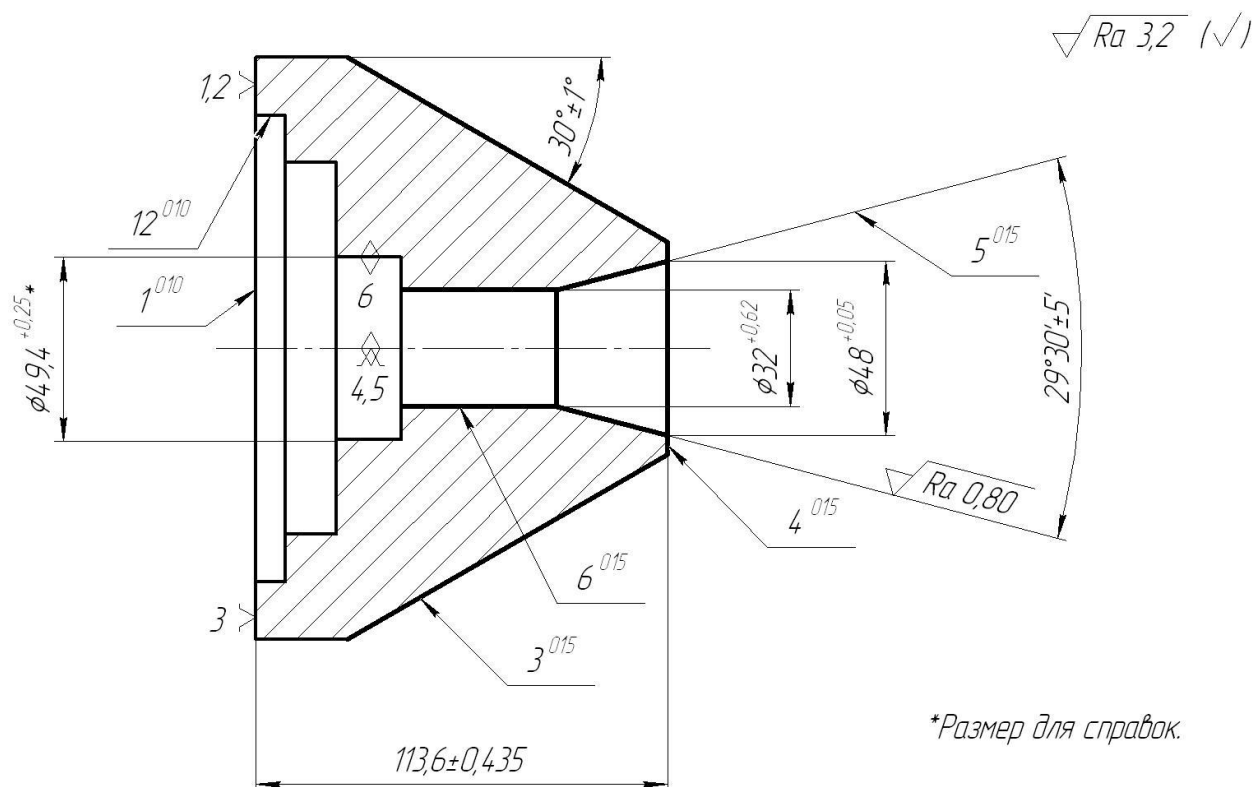


Рисунок 4 - Эскиз операции 015.

### 4.2 Проектирование развертки

При обработке конических отверстий применяют развертки конические ГОСТ 10083-81. [12]

Развертки машинные должны изготавливаться из быстрорежущих сталей. Поэтому для материала режущей части развертки примем быстрорежущую сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73.

Твердость режущей части разверток диаметром свыше 8 мм должна быть 62...65 мм. [12]

«Развертки из быстрорежущей стали диаметром 10 мм и более должны изготавливаться сварными». [12] Поэтому принимаем сварную конструкцию развертки.

«Хвостовики сварных разверток должны быть изготовлены из стали 45 ГОСТ 1050-88 или из стали 40Х ГОСТ 4543-71. Допускается хвостовики сварных разверток изготавливать из стали 50ХФА ГОСТ 14959-2016». [12] В качестве материала хвостовой части проектируемой развертки примем сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

«Предельные отклонения конусов Морзе хвостовиков машинных разверток АТ7 – для чистовых разверток, АТ8 – для предварительных разверток ГОСТ 2848-75». [12]

Принимаем для хвостовика проектируемой развертки конус Морзе 5.

Конструктивно развертка состоит из следующих частей: 1 - режущая часть; 2 - калибрующая часть; 3 – шейка; 4 - хвостовик конический; 5 - лапка хвостовика, как показано на рисунке 5.

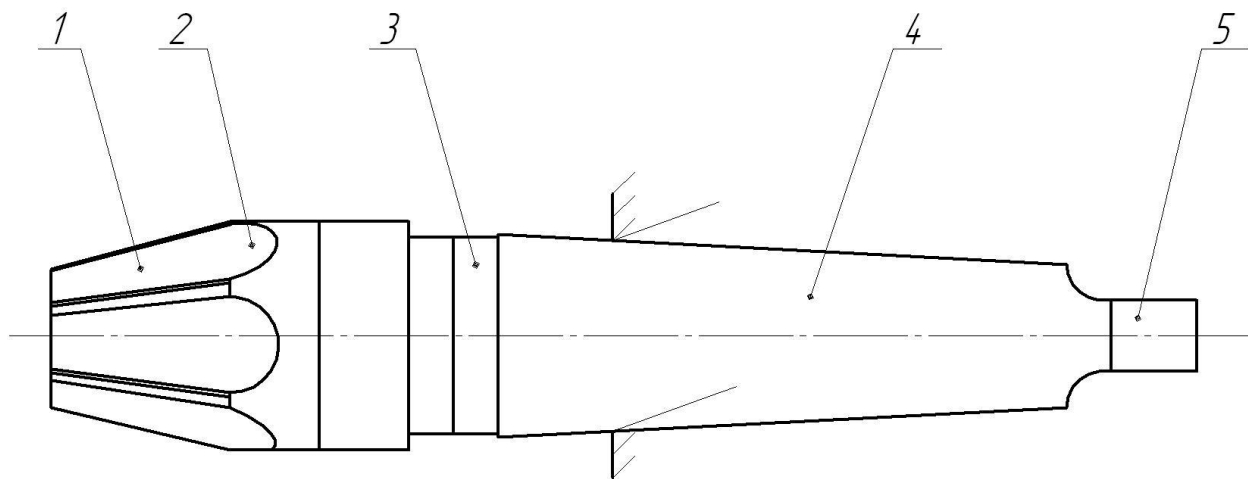


Рисунок 5 – Конструкция развертки

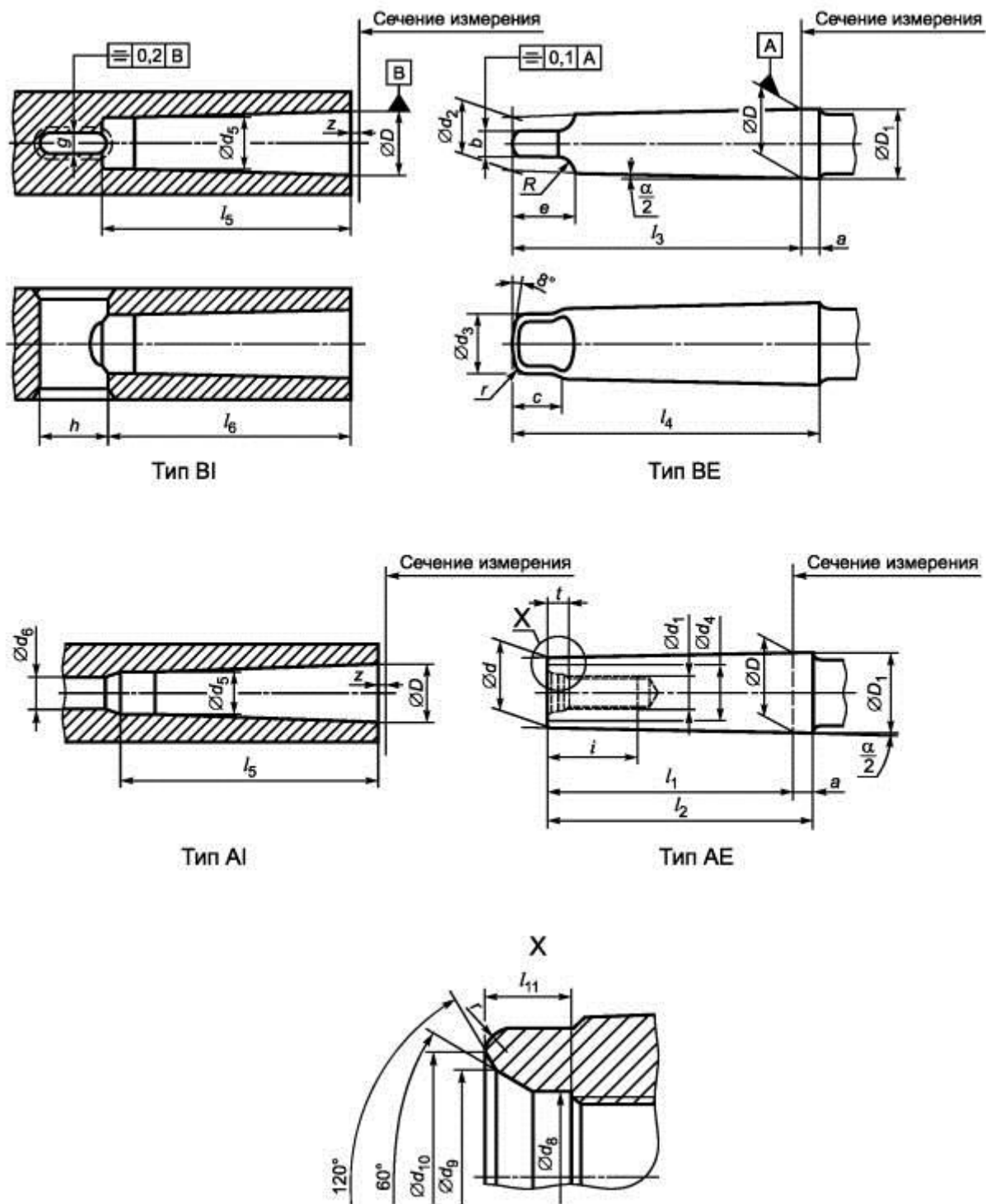


Рисунок 6 - Конусы Морзе ГОСТ 2848-75

### 4.3 Патентный поиск

В патенте [14] предложен компактный, крестового типа, плавающий держатель развертки, имеющий переднее и заднее направления и содержащий:

- узел держателя, имеющий центральную ось узла держателя;
- узел развертки, имеющий ось узла развертки;
- плавающий элемент, передающий вращающий момент между узлом держателя и узлом развертки; и
- кольцевой эластичный элемент, по меньшей мере частично перекрывающий узел развертки в осевом направлении и смещающий узел развертки вдоль оси в направлении вперед.

Причем в рабочем положении плавающий держатель развертки выполнен с возможностью компенсации углового смещения осей, отклонения от параллельности и осевого перемещения между осями узлов держателя и развертки; а в нерабочем положении ось узла развертки точно совмещена с осью узла держателя.

Согласно второму аспекту объекта изобретения [14] предложен также самоцентрирующийся плавающий держатель развертки, содержащий:

- удлиненный узел держателя, имеющий центральную ось узла держателя;
- удлиненный узел развертки, расположенный впереди узла держателя, при этом узел развертки содержит: противоположные в осевом направлении переднюю и заднюю поверхности узла развертки; и наружную центрирующую поверхность узла развертки, которая сходит на конус к передней поверхности узла развертки в переднем направлении;
- корпусную втулку, жестко и с возможностью разъема присоединенную к узлу держателя, причем корпусная втулка имеет коническую первую центрирующую поверхность втулки;
- кольцевой эластичный элемент, прижимающий в осевом направлении центрирующую поверхность узла развертки к конической первой центрирующей поверхности втулки в переднем направлении;

- плавающий элемент, расположенный внутри корпусной втулки и передающий вращающий момент между узлом держателя и узлом развертки.

Любые из следующих признаков, как по отдельности, так и в сочетании, могут быть применены к любому из вышеупомянутых аспектов объекта изобретения (рисунок 6). [14]

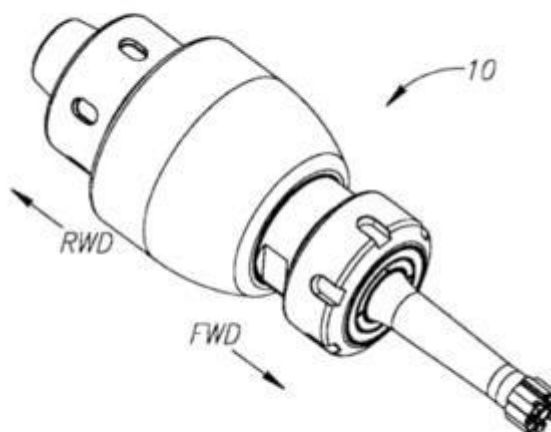


Рисунок 6 - Плавающий держатель развертки

Плавающий держатель развертки содержит корпусную втулку, жестко и с возможностью разъема прикрепленную к узлу держателя, причем узел развертки и корпусная втулка имеют, соответственно, взаимодействующие первую центрирующую поверхность втулки и центрирующую поверхность узла развертки, которые сходят на конус в осевом направлении от узла держателя к узлу развертки.

Как первая центрирующая поверхность втулки, так и центрирующая поверхность узла развертки могут иметь форму усеченного корпуса.

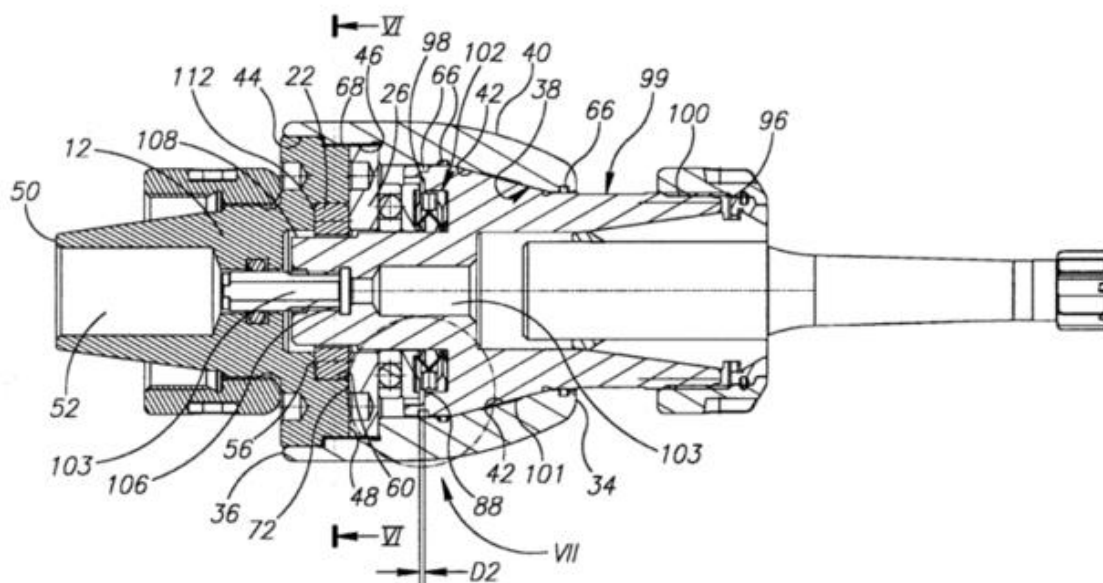


Рисунок 7 - Плавающий держатель развертки в разрезе

Узел развертки имеет единственный центральный выступ, который по меньшей мере частично перекрывает в осевом направлении узел держателя изнутри (рисунок 7).

Узел держателя имеет выемку для элемента, и плавающий элемент полностью находится внутри этой выемки для элемента.

Выступ находится внутри сквозного отверстия плавающего элемента.

Плавающий элемент имеет внутренние поверхности скольжения элемента, а выступ содержит противоположные и параллельные поверхности скольжения выступа, которые взаимодействуют с внутренними скользящими поверхностями скольжения плавающего элемента.

Плавающий элемент имеет наружные поверхности скольжения плавающего элемента; узел держателя имеет выемку для элемента с противоположными и параллельными поверхностями скольжения выемки, причем поверхности скольжения выемки расположены поперек внутренних поверхностей скольжения плавающего элемента и

параллельно наружным поверхностям скольжения плавающего элемента; и поверхности скольжения выемки узла держателя взаимодействуют с наружными поверхностями скольжения плавающего элемента.

Плавающий элемент имеет форму некруглой шайбы. Плавающий элемент имеет переднюю и заднюю поверхности плавающего элемента и периферийную поверхность плавающего элемента, которая проходит между ними; и периферийная поверхность плавающего элемента лишена углублений или выступов. Плавающий элемент выполнен с возможностью передачи указанного вращающего момента только в пределах границ единственной перекрывающейся непрерывной осевой области, равной по длине ширине плавающего элемента.

Осевое смещение определяется вдоль оси между узлами держателя и развертки и в нерабочем положении осевое смещение имеет заданное положительное значение. В рабочем положении осевое смещение сокращено относительно указанного заданного значения.

Плавающий элемент содержит переднюю и заднюю поверхности, которые лишены углублений или выступов.

Поперечные силы не прикладываются к плавающему элементу в плоскости, перпендикулярной любой из осей узлов держателя и развертки.

В нерабочем положении узел развертки расположен точно в осевом направлении относительно узла держателя.

Плавающий элемент имеет прямоугольную форму в осевой проекции.

Для лучшего понимания объекта изобретения [14] и показа, каким образом он может быть реализован практически, ниже описаны сопроводительные чертежи, на которых:

На рисунке 8 представлен вид в разрезе по оси плавающего держателя развертки из рабочего положения во время развертывания предварительно просверленного отверстия обрабатываемой детали.

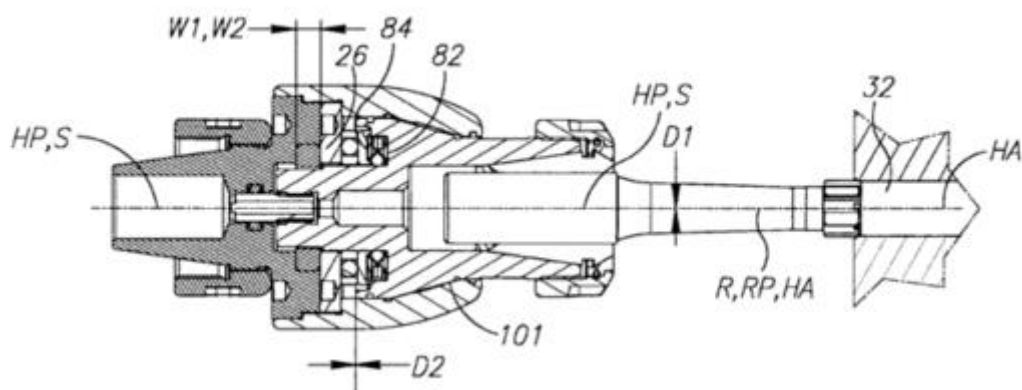


Рисунок 8 - Разрез по оси плавающего держателя развертки

Где это уместно, ссылочные обозначения могут повторяться на чертежах для указания соответствующих или аналогичных элементов.

Компактный, крестового типа, держатель 10 развертки содержит удлиненные узлы 12, 14 держателя и развертки, которые определяют, соответственно, направление назад (RWD) - вперед (FWD) держателя 10. Развертка 16 с осью R развертки введена в узел 14 развертки и соединена с ней посредством цанги 18 и гайки 20. Узлы 12, 14 держателя и развертки образуют крестовое соединение за счет передачи крутящего момента между ними посредством компактного плавающего элемента 22, который имеет ширину W1 компактного плавающего элемента. Узлы 12, 14 держателя и развертки удерживаются вместе корпусной втулкой 24. Узлы 12, 14 держателя и развертки имеют соответствующие центральные оси HP, RP держателя и развертки.

В нерабочем положении (рисунок 7), то есть плавающий держатель 10 развертки полностью собран, и силы, действующие при развертывании, не прикладываются к развертке 16. Плавающий держатель 10 развертки выполнен с возможностью точного центрирования, или радиального выравнивания, узла 14 развертки относительно узла 12 держателя в целях достижения точной повторяемости. Корпусная втулка 24 жестко и с возможностью разъема соединена с узлом 12 держателя. В нерабочем положении узел 14



развертки упруго прижат к корпусной втулке 24 посредством взаимодействующих центрирующих поверхностей, которые центрируют и располагают узел 14 развертки относительно узла 12 держателя в осевом направлении.

В следующем порядке вдоль оси НР узла держателя плавающий держатель 10 может содержать: узел 12 держателя, плавающий элемент 22, крышку 26, упорный подшипник 28, кольцевой упругий элемент 30 и узел развертки 14.

В рабочем положении (то есть во время развертывания предварительно просверленного отверстия 32 обрабатываемой детали) плавающий элемент 22 передает вращающий момент между узлами 12, 14 держателя и развертки. Хотя узлы 12, 14 держателя и развертки не вращаются относительно друг друга, плавающий держатель 10 развертки выполнен с возможностью обеспечения до трех видов относительного перемещения между узлами 12, 14 держателя и развертки. Плавающий держатель 10 развертки может одновременно обеспечивать два или три типа относительного перемещения.

При переходе между нерабочим и рабочим положениями плавающий держатель 10 развертки (в частности, узел 14 развертки) самовыравнивается, или автоматически выравнивается, относительно предварительно просверленного отверстия 32. После выравнивания узел 14 развертки упирается во втулку 24 в одном или более местах в соответствии с ее ориентацией.

Относительное перемещение типа I представляет собою параллельный сдвиг оси (также упоминаемый в настоящей заявке как «отклонение оси от параллельности»), то есть перемещение узла 14 развертки относительно узла 12 держателя в плоскости, перпендикулярной оси НР узла держателя. Упорный подшипник 28, расположенный между узлами 12, 14 держателя и развертки, выполнен с возможностью уменьшения трения при этом типе перемещения или

сглаживания перемещения. Параллельный сдвиг D1, образуемый между параллельными осями НР, РР держателя и развертки в рабочем положении может достигать 0,5 мм. В настоящем варианте реализации изобретения [14] D1 может принимать значения от 0 до 0,15 мм.

Относительное перемещение типа II представляет собою осевое смещение (также упоминаемое в настоящей заявке как «осевое перемещение»), то есть перемещение узла 14 развертки относительно узла 12 держателя в осевом направлении. Осевое смещение D2 образуется между соответствующими узлами 12, 14 держателя и развертки (как будет описано ниже). В нерабочем положении осевое смещение D2 имеет максимальное заданное значение, а в рабочем положении осевое смещение D2 уменьшается относительно заданного максимального значения. Согласно настоящему варианту реализации осевое смещение  $D2=0$  в рабочем положении. Максимальное значение осевого смещения D2 определяется, например, различными критериями изготовления и геометрическими критериями.

Осевое смещение D2 уменьшается во время перехода между рабочим и нерабочим положениями. Преимущество относительного перемещения типа II заключается в том, что во время указанного перехода плавающий держатель 10 развертки подавляет (посредством эластичного элемента 30) по меньшей мере, часть осевых сил развертывания. Преимуществом такого подавления является улучшение качества поверхности обрабатываемой детали. В частности, оно может предотвратить (или по меньшей мере уменьшить) нежелательные дефекты, иногда возникающие во время указанного перехода на краю, или скосе, у входа предварительного просверленного отверстия 32.

Кроме того, относительное перемещение типа II создает достаточное «пространство» между втулкой и узлом 14 развертки, благодаря которому возможны другие два типа относительного перемещения между узлами 12, 14 держателя и развертки.

Относительное перемещение типа III представляет собою угловое смещение осей. Плавающий держатель 10 развертки обеспечивает образование угла рассогласования  $\alpha$  между осями HP, RP узлов держателя и развертки. Согласно настоящему варианту реализации угол рассогласования  $\alpha$  может принимать значения от 0 до 0,5 градусов.

Перед развертыванием (рисунок 6) плавающий держатель 10 развертки находится в нерабочем положении, в котором оси S, R, HP, RP втулки, развертки, узлов держателя и развертки совмещены друг с другом. Следовательно, в этом положении  $D1$  и  $\alpha$  равны нулю и  $D2$  имеет заданное максимальное значение.

На рисунке 4.6 показан пример рабочего положения плавающего держателя 10 развертки, где ось HP узла держателя смещена относительно оси HA отверстия. Здесь возможны только относительные перемещения типа I и II. В этом примере плавающий держатель 10 развертки ориентирован таким образом, что оси R, RP HA развертки, узла развертки и отверстия совмещены друг с другом и образуют ненулевой параллельный сдвиг ( $D1 > 0$ ) относительно оси HP узла держателя.

Корпусная втулка 24 может иметь удлиненную форму с противоположными круглыми передней и задней поверхностями 34, 36 втулки и проходящими между ними внутренней и наружной поверхностями 38, 40 втулки. Корпусная втулка 24 имеет центральную ось S втулки, которая проходит через виртуальные центры передней и задней поверхностей 34, 36 втулки. Внутренняя поверхность 38 втулки содержит первую центрирующую поверхность 42 втулки, которая проходит назад от передней поверхности 34 втулки. Первая центрирующая поверхность 42 втулки сходит на конус вперед к передней поверхности 34 втулки. Первая центрирующая поверхность 42 втулки может иметь форму усеченного конуса. Первая центрирующая поверхность втулки 42 выполнена с возможностью взаимодействия с узлом 14 развертки и центрирования его относительно корпусной втулки

24. Кроме того, первая центрирующая поверхность втулки 42 выполнена с возможностью расположения в осевом направлении узла 14 развертки относительно узла 12 держателя. Другими словами, первая центрирующая поверхность 42 втулки также выполнена с возможностью действия в качестве упорной поверхности. Это выгодно с точки зрения точности повторяемости между каждой операцией развертывания или замены развертки 16.

Втулка может дополнительно включать в себя вторую центрирующую поверхность 44 втулки, которая проходит вперед от задней поверхности 36 втулки. Вторая центрирующая поверхность 44 втулки имеет цилиндрическую форму. Вторая центрирующая поверхность втулки 44 выполнена с возможностью центрирования узла 12 держателя относительно корпусной втулки 24. Таким образом, по меньшей мере, в нерабочем положении оси НР, РР узлов держателя и развертки совмещены друг с другом.

Внутренняя поверхность 38 втулки дополнительно содержит внутреннюю резьбу 46 втулки, которая находится между первой и второй центрирующими поверхностями 42, 44 втулки. Резьба 46 втулки выполнена с возможностью жесткого и разъемного соединения, или сцепления, корпусной втулки 24 с узлом 12 держателя. Резьба 46 втулки также выполнена с возможностью жесткого и разъемного сцепления крышки 26 с корпусной втулкой 24. После того, как корпусная втулка 24 жестко и плотно навинчена на узел 12 держателя, оси S, НР втулки и узла держателя становятся совмещенными друг с другом.

Узел 12 держателя содержит переднюю и заднюю поверхности 48, 50 узла держателя и сквозной канал 52 узла держателя для перемещения хладагентов. Передняя поверхность 48 узла держателя проходит перпендикулярно оси НР узла держателя. Передняя поверхность 48 узла держателя содержит центральную выемку 54 для элемента, которая открыта в нее. Выемка 54 для элемента выполнена с возможностью

приема плавающего элемента 22 таким образом, чтобы плавающий элемент 22 мог перемещаться только вдоль единственного радиального направления (перпендикулярно оси НР узла держателя).

Выемка 54 для элемента содержит нижнюю поверхность 56 выемки и периферийную поверхность 58 выемки, которая проходит между нижней поверхностью 56 выемки и передней поверхностью 48 узла держателя. Нижняя поверхность 56 выемки и передняя поверхность 48 узла держателя определяют глубину выемки  $W2 \geq W1$ . Тот факт, что глубина выемки 54 для элемента такая же, как и ширина  $W1$  плавающего элемента, или больше ее, является преимуществом, так как это позволяет передавать крутящий момент только в пределах границ единственной перекрывающиеся осевой области (ширины  $W1$  плавающего элемента). Следовательно, во время машинной обработки на плавающий элемент 22 не действуют осевой изгибающий момент или поперечные силы (в плоскости, перпендикулярной оси НР узла держателя). Нижняя поверхность 56 перпендикулярна оси НР узла держателя. Канал 52 узла держателя открыт в нижнюю поверхность 56 выемки.

Периферийная поверхность 58 выемки содержит две противоположные и параллельные поверхности 60 скольжения выемки. Поверхности 60 скольжения выемки, по меньшей мере, частично пленарные. Каждая поверхность 60 скольжения выемки может содержать посередине в радиальном направлении разгрузочный паз для обеспечения разделения на два упорных участка. Поверхности 60 скольжения выемки параллельны оси НР узла держателя. Периферийная поверхность 58 выемки может включать в себя две противоположные упорные поверхности 64 выемки, каждая расположена между двумя поверхностями 60 скольжения выемки. Согласно объекту изобретения [14] упорные поверхности 64 выемки параллельны друг другу и планарны, и каждая проходит перпендикулярно двум поверхностям 60 скольжения выемки.

Периферийная поверхность 58 выемки выполнена с возможностью образования достаточного пространства или промежутков между плавающим элементом 22 и одной или каждой из упорных поверхностей 64 выемки. Параллельные поверхности скольжения 60 выемки перпендикулярны внутренним поверхностям 118 скольжения плавающего элемента и параллельны наружным поверхностям 116 скольжения плавающего элемента. Плавающий элемент 22 выполнен с возможностью плотной посадки между поверхностями 60 скольжения выемки, в то время как он может беспрепятственно перемещаться, или скользить, назад и вперед только в радиальном направлении, параллельном поверхностям скольжения 60 выемки и перпендикулярном оси НР узла держателя. Помимо обеспечения точного направленного перемещения плотная посадка эффективно предотвращает вращение плавающего элемента 22 внутри углубления 54 для элемента, которое может привести к нежелательному износу и потере вращающего момента. Углубление 54 для элемента можно смазывать для обеспечения плавного перемещения плавающего элемента 22. Смазочные материалы изолированы от любого хладагента (который может быть закачан через каналы охлаждения) с помощью уплотнительных колец 66.

Узел 12 держателя дополнительно содержит наружную резьбу 68 узла держателя, которая примыкает к передней поверхности 48 узла держателя и проходит назад. Наружная резьба 68 узла держателя выполнена с возможностью взаимодействия с резьбой 46 втулки.

Крышка 26 имеет форму шайбы. Крышка 26 имеет противоположные и параллельные переднюю и заднюю поверхности 70, 72 крышки и проходящую между ними наружную охватываемую резьбу 74. Крышка 26 дополнительно содержит отверстие 75 крышки, которое открыто в переднюю и заднюю поверхности 70, 72 крышки. Резьба 74 крышки выполнена с возможностью взаимодействия с резьбой 46 втулки. Крышка 26 ввинчена в резьбу 46 втулки, за которой следует резьба 68

узла держателя узла 12 держателя. В этом положении задняя поверхность 72 крышки может упираться в переднюю поверхность 48 узла держателя. Крышка 26 обеспечивает удобное разделение между узлами 12, 14 держателя и развертки. Например, плавающий держатель 10 развертки допускает замену узла 12 держателя, при этом крышка 26 не позволяет упорному подшипнику 28, упругому элементу 30 и узлу 14 развертки выпасть с задней поверхности 36 втулки.

Упорный подшипник 28 имеет форму шайбы и содержит переднюю и заднюю поверхности 76, 78 подшипника. После того, как плавающий держатель 10 развертки собран и крышка 26 плотно ввинчена в резьбу 46 втулки, задняя поверхность 78 подшипника упирается в переднюю поверхность 70 крышки, а передняя поверхность 76 подшипника упирается в упругий элемент 30.

Согласно объекту изобретения [14] упругий элемент 30 может содержать кольцеобразную волнистую пружину 80 с соответствующим кольцеобразным основанием 86. Известно, что волнистая пружина короче спиральной пружины с аналогичным коэффициентом жесткости пружины, благодаря чему, в частности, плавающий держатель 10 развертки более короткий. Другим преимуществом волнистой пружины является улучшенная симметричность относительно ее центральной оси по сравнению со спиральной пружиной. Волнистая пружина 80 имеет переднюю и заднюю поверхности 82, 84 пружины. Волнистая пружина 80 расположена концентрично относительно узла 14 развертки. Основание 86 имеет переднюю и заднюю поверхности 88, 90 основания и проходящую между ними периферийную поверхность 92 основания. Передняя поверхность 88 основания может иметь концентрическую кольцевую выемку 94 основания, которая открыта в основание, и неуглубленную периферийную часть 97, окружающую выемку 94 основания. Волнистая пружина 80 выполнена с возможностью плотной посадки в выемку 94 основания, что предотвращает нежелательное

радиальное перемещение волнистой пружины 80 под нагрузкой от узла 14 развертки. Волнистая пружина 80 заключена между выемкой 94 основания и соответствующей выемкой в узле 14 развертки, как будет дополнительно описано ниже.

Преимущество кольцевой волнистой пружины 80 над некоторыми прямолинейными спиральными пружинами (используемыми в некоторых конструкциях в данной области техники) заключается в том, что она экономит пространство в осевом направлении, то есть она не занимает осевое пространство между узлами 12, 14 держателя и развертки.

После того, как крышка 26 плотно ввинчена в резьбу 46 втулки, в осевом направлении упругий элемент 30 упирается в упорный подшипник 28 у задней поверхности 90 основания. В нерабочем положении волнистая пружина 80 упирается в узел 14 развертки, толкая его вперед. В этом положении неуглубленная периферийная часть 97 передней поверхности 88 основания не соприкасается в осевом направлении с узлом 14 развертки, образуя между ними кольцевой зазор, который определяет осевое смещение D2.

В рабочем положении осевые силы резания толкают узел 14 развертки назад, в результате чего волнистая пружина 80 сжимается и закрывает зазор. Вследствие этого узел 14 развертки упирается в осевом направлении в неуглубленную часть 97 передней поверхности 88 основания. В этом положении, в настоящем варианте реализации, осевое смещение уменьшается настолько, что D2 становится равным нулю.

Упругий элемент 30 постоянно смещает узел 14 развертки вперед, благодаря чему в нерабочем положении он точно центрирован в радиальном направлении и расположен вдоль оси относительно корпусной втулки 24 (и, следовательно, узла 12 держателя).

Узел 14 развертки содержит противоположные в осевом направлении переднюю и заднюю поверхности 96, 98 узла развертки и проходящую между ними наружную периферийную поверхность 99 узла



развертки. Периферийная поверхность 99 узла развертки содержит центрирующую поверхность 101 узла развертки, примыкающую к задней поверхности 98 узла развертки. Центрирующая поверхность 101 узла развертки сходит на конус в переднем направлении к передней поверхности 98 узла развертки. Центрирующая поверхность 101 узла развертки может иметь форму усеченного конуса. Узел 14 развертки содержит состоящее из цанги 18 и гайки 20 соединительное устройство возле передней поверхности 96 узла развертки. Узел 14 развертки может содержать приемную поверхность цанги, которая открыта к передней поверхности 96 узла развертки, и наружную охватываемую резьбу 100 узла развертки, выполненную с возможностью взаимодействия с внутренней упорной резьбой гайки 20.

Узел 14 развертки дополнительно содержит лишь единственный центральный выступ 104, который выступает назад из задней поверхности 98 узла развертки и имеет торцевую поверхность 106 выступа.

Узел 14 развертки имеет кольцевую выемку 102 узла развертки, которая открыта на заднюю поверхность 98 узла развертки и окружает выступ 104. Выемка 102 узла развертки выполнена с возможностью приема волнистой пружины 80 и упора в переднюю поверхность 82 волнистой пружины.

В нерабочем положении выступ 104 находится внутри, упругого элемента 30, или проходит сквозь него, упорный подшипник 28, отверстие 75 крышки, плавающий элемент 22 и углубление 54 для элемента. Это осевое перекрытие узлов 12, 14 держателя и развертки выгодно, так как оно приводит к более короткому компактному плавающему держателю 10 развертки. В то же время, это повышает устойчивость во время машинной обработки. Узел 14 развертки содержит внутренний сквозной канал 103 узла развертки, который открыт в переднюю поверхность 96 узла развертки и торцевую поверхность 106

выступа. Это тоже является преимуществом, поскольку облегчает изолирование хладагента от смазочных материалов.

Выступ 104 содержит две противоположные и параллельные поверхности 108 скольжения выступа, которые примыкают к торцевой поверхности 106 выступа. Согласно настоящему примеру поверхности 108 скольжения выступа проходят вперед от торцевой поверхности 106 выступа. Поверхности 108 скольжения выступа проходят параллельно оси RP узла развертки.

Плавающий элемент 22 имеет форму шайбы, в данном случае форму некруглой шайбы. Плавающий элемент 22 содержит переднюю и заднюю поверхности 110, 112 плавающего элемента и проходящую между ними периферийную поверхность 114 плавающего элемента. Периферийная поверхность 114 плавающего элемента лишена углублений или выступов. Передняя и задняя поверхности 110, 112 плавающего элемента определяют ширину  $W1$  плавающего элемента, и поперечное направление между ними. Передняя и задняя поверхности 110, 112 плавающего элемента лишены любых выступов. Передняя и задняя поверхности 110, 112 плавающего элемента могут иметь прямоугольную форму. Периферийная поверхность 114 плавающего элемента содержит две противоположные планарные и параллельные наружные поверхности 116 скольжения элемента.

Плавающий элемент 22 содержит центральное сквозное отверстие 120 плавающего элемента, которое открыто в переднюю и заднюю поверхности 110, 112 элемента. Отверстие 120 плавающего элемента содержит противоположные планарные и параллельные внутренние поверхности 118 скольжения элемента. Внутренние скользящие поверхности 118 элемента перпендикулярны наружным поверхностям 116 скольжения элемента. Внутренние поверхности 118 скольжения элемента выполнены с возможностью взаимодействия с поверхностями 108 скольжения выступа и передачи вращающего момента между ними.

Каждая внутренняя поверхность 118 скольжения элемента может содержать посередине в радиальном направлении разгрузочный паз 62 для обеспечения разделения на два упорных участка.

Выступ 104 плотно садится в отверстие 120 плавающего элемента. Отверстие 120 плавающего элемента выполнено с возможностью обеспечения плавного и точного перемещения плавающего элемента 22 только вдоль единственного радиального направления относительно узла 14 развертки (перпендикулярно оси RP узла развертки). Другими словами, поверхности 108 скольжения выступа образуют посадку скольжения с внутренними поверхностями 118 скольжения элемента, делая возможным указанное точное относительное перемещение между плавающим элементом 22 и выступом 104. Кроме того, эта плотная или скользящая посадка предотвращает относительное вращение между выступом 104 и плавающим элементом 22. Плотное посадка плавающего элемента 22 в углубление 54 для элемента и плотная посадка выступа 104 в отверстие 120 плавающего элемента обеспечивают надежное и прочное (при этом компактное) соединение крестового типа, которое может выдерживать силы, действующие при механической обработке. Иными словами, плавающий элемент 22 закреплен и подперт в радиальном направлении изнутри и снаружи, что помогает распределять нагрузки по крутящему моменту.

Когда плавающий держатель элемента собран и находится в нерабочем положении, задняя поверхность 112 плавающего элемента упирается в нижнюю поверхность 56 выемки. Наружные поверхности 116 скольжения элемента упираются в поверхности 60 скольжения выемки. Внутренние поверхности 118 скольжения элемента упираются в поверхности 108 скольжения выступа. Передняя поверхность 110 плавающего элемента упирается в заднюю поверхность 72 крышки. Передняя поверхность 70 крышки упирается в заднюю поверхность 78 подшипника. Передняя поверхность 76 подшипника упирается в заднюю

поверхность 90 основания. Неуглубленная периферийная часть 97 передней поверхности 88 основания не упирается ни в одну поверхность. Задняя поверхность 84 волнистой пружины упирается в выемку 94 основания. Передняя поверхность 82 волнистой пружины упирается во внутреннюю поверхность (не показана) выемки 102 узла развертки. И центрирующая поверхность 101 узла развертки упирается в первую центрирующую поверхность 42 втулки.

В рабочем положении вышеупомянутые взаимосвязи вхождения во взаимодействие остаются теми же, за исключением того, что неуглубленная периферийная часть 97 передней поверхности 88 основания упирается в заднюю поверхность 98 узла развертки. В рабочем положении центрирующая поверхность 101 узла развертки может по-прежнему упираться в первую центрирующую поверхность 42 втулки в зависимости от ориентации узла 12 держателя относительно предварительно просверленного отверстия 32.

Другое преимущество плавающего держателя развертки, связанное с устойчивостью (минимальный изгибающий момент и ход) и компактностью, заключается в том, что весь крутящий момент передается (только) посредством единственной перекрывающейся осевой области, определенной как ширина  $W1$  плавающего элемента. Это достигается благодаря вышеупомянутому упору между внутренними и наружными поверхностями плавающего элемента 22 и узлов 12, 14 держателя и развертки.

Еще одним преимуществом плавающего элемента 22 является его геометрическая простота, которая приводит к снижению себестоимости при сохранении надежности плавающего держателя 10 развертки.

В этом разделе мы спроектировали режущий инструмент – развертку для токарной операции техпроцесса, где выполняется чистовая обработка конусного отверстия детали.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе ВКР проводится оценка экологичности и безопасности технологического процесса изготовления детали «корпус». Оценку будем вести согласно методике [17].

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

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика производственного процесса изготовления детали «корпус» заключается в представлении основных характеристик усовершенствованных операций технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же все необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик технического объекта собраны в таблицу 1.

Таблица 1 – «Технологический паспорт технического объекта» [17]

«Технологический процесс» [17]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [17]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [17]	«Материалы, вещества» [17]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ	Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71 СОЖ - Литол

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

В данном разделе приводится идентификация профессиональных рисков – производственно-технологических и эксплуатационных рисков. Это вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении детали «корпус». Результаты исследования этих факторов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – «Идентификация профессиональных рисков» [17]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [17]
1	2	3
Токарная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ

## 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе подобраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали «корпус». Некоторые из требований, такие как инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием, и инструктажи по охране труда – актуальны на каждом этапе технологического процесса. Другие, например, такие как

использование предупреждающей разметки или использование местной вытяжки – применяются на конкретных операциях, где их использование необходимо. Все средства индивидуальной защиты работников подобраны с учётом выполняемых ими операций. Результаты анализа методов и средств снижения профессиональных рисков приведены в таблице 3.

Таблица 3 – «Методы и средства снижения и/или устранения опасных и/или вредных производственных факторов» [17]

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [17]	«Средства индивидуальной защиты работника» [17]
1	2	3
Повышенная температура поверхностей материалов	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование технических средств защиты	Костюм огнеупорный; огнеупорные ботинки; краги для металлургов; огнеупорный щиток
Движущиеся части производственного оборудования; Оборудование, перемещающее	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда;	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
заготовки, изделия	ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные; полумаска фильтрующая; перчатки с точечным или полимерным покрытием
Высокий уровень шума и повышенный уровень вибрации	инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование различных технических средств устранения шума; увеличение жёсткости оборудования для уменьшения колебаний; Использование материалов, способных поглощать колебания	Вкладыши противозумные, наушники, резиновый коврик

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе приводится идентификация потенциального класса возникновения пожара и выявление опасных факторов его воспламенения. Анализ классов пожара и опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальное имущество. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [14]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ	Пожары, связанные с воспламенением и горением плавящихся твёрдых материалов и веществ (В)	Пламя, искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, низкая видимость	Замыкание высокого электрического напряжения

Для обеспечения пожарной безопасности в ходе изготовления детали «корпус» были выбраны организационно-технические мероприятия и технические средства обеспечения пожарной безопасности. Все они соответствуют нормативным документам в области пожарной безопасности по состоянию на 2016 год, таким как Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ. Все собранные данные анализа представлены в таблицах 5 и 6.



Таблица 5 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [17]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители ручные, ящики с песком	Пожарные машины, пожарные лестницы	Оборудование автоматического тушения пожара	технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные рукава, рукавные разветвления, ящики с песком	Респираторы, противогазы, пожарные карабины	Пожарные лопаты, багры, ломы, топоры, вёдра, комплекты электрические	Автоматические оповещатели

Таблица 6 – «Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [17]

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
Технологический процесс изготовления детали «корпус»	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участках; обучение действиям при возникновении пожара и правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы пожаротушения, наличие пожарной сигнализации, наличие первичных средств для тушения пожаров

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе представлена оценка мер по обеспечению экологической безопасности технологического процесса изготовления детали «корпус». Выявлены и проанализированы негативные экологические факторы реализуемого технического процесса, а так же меры по их снижению и/или устранению. Результаты анализа представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [17]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [17]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [17]	«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.)» [17]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали «корпус»	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Таблица 8 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду». [17]

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления детали «корпус»
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха циклоны-осадители с тангенциальным входом, с осевым входом, с групповым входом; мультициклоны параллельные, последовательные; пылеуловители
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование замкнутых и оборотных систем промышленного водопользования; многоступенчатая сортировка отходов; соблюдение правил хранения отходов и периодичности их вывоза; переработка металлических отходов

В ходе выполнения работы нами проанализирована безопасность и экологичность внесенных изменений в технологический процесс изготовления детали «корпус».

Проведена идентификация профессиональных рисков, которые могут возникнуть в ходе реализации модернизированного технологического процесса, предложены методы и средства необходимые для снижения этих рисков, предложены мероприятия по пожарной и экологической безопасности на участке механической обработки детали, разработаны организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду.

## **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.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «корпус». Эти изменения касаются токарной операции. На этой операции предложено в качестве оснастки вместо универсального использовать автоматизированное зажимное приспособление. Также в качестве режущего инструмента на этой операции предлагается использовать развертку из быстрорежущей стали с износостойким покрытием из нитрида титана. Это повысит стойкость инструмента в 2 раза и снизит временные затраты, приходящиеся на замену инструмента.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [18] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «корпус» на 3,23 руб., что составит 2,87%.

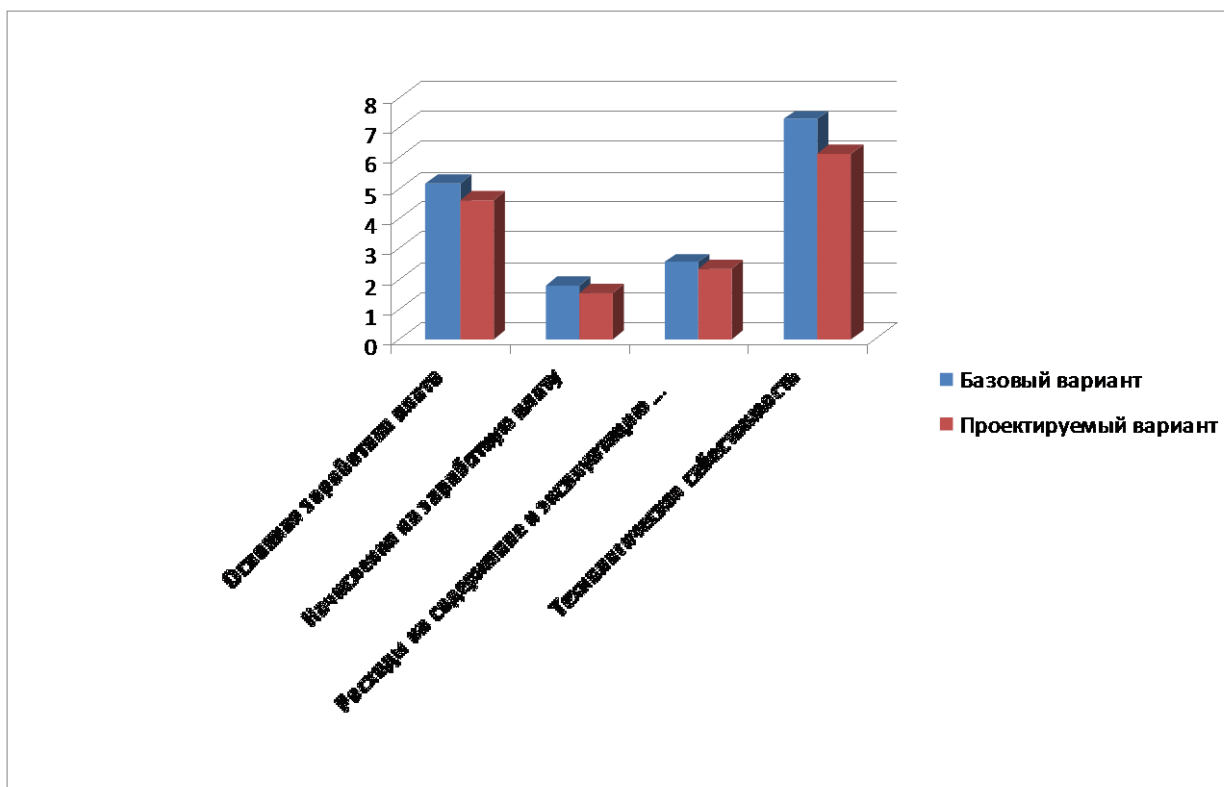


Рисунок 9 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 112,58 рублей, а для проектируемого – 109,35 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость в проектируемом варианте меньше, чем в базовом. Эта разница составляет 2,87% или 3,23 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 15665,52 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали

«корпус» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 30705,52 рублей. На рисунке 10 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

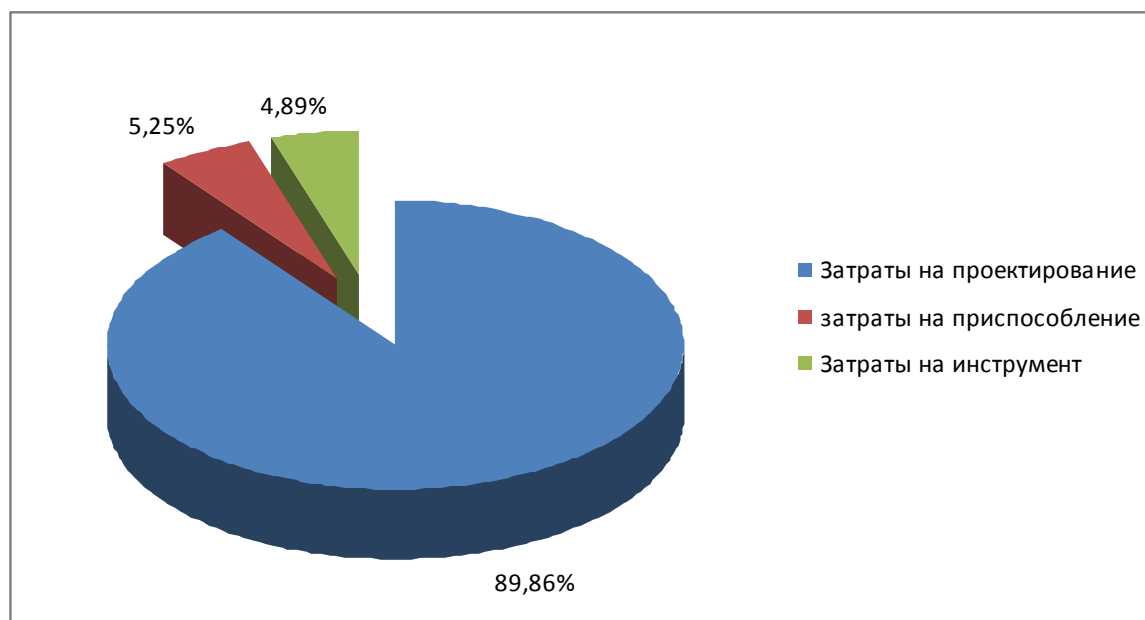


Рисунок 10 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 10, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 89,86 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	25605,77
Интегральный экономический эффект, руб.	2423,83
Индекс доходности, руб. / руб.	1,16

Анализируя, представленные в таблице 9, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 2423,83 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,16 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 16 %.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления корпуса цангового патрона центра «Формула Станок».

В первом разделе проанализированы условия работы детали, выполнена классификация поверхностей детали и выявлены исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы. Также проведен анализ свойств материала детали.

В ходе работы методом экономического сравнения выбран способ получения заготовки методом штамповки. Исходя из годовой программы производства деталей и массы, выбран среднесерийный тип производства. Исходя из необходимого качества обработки, выбраны методы обработки поверхностей детали. Основываясь на этих методах, разработан технологический маршрут изготовления цангового патрона. Технологический процесс оснащен современными средствами, такими как режущий и мерительный инструмент, оборудование, приспособления.

Для закрепления заготовки на токарном станке разработана конструкция автоматизированного цангового патрона. Внедрение этого приспособления дает сокращение вспомогательного времени операции, затрачиваемого на установку и снятие заготовки.

Для этой же операции в качестве режущего инструмента предлагается использовать развертку из быстрорежущей стали с износостойким покрытием из нитрида титана. Это повысит стойкость инструмента в 2 раза и снизит временные затраты, приходящиеся на замену инструмента.

В работе выполнен анализ безопасности и проведена экспертиза экологии. Экономический расчет предложенных изменений показал положительный эффект.



## Список используемой литературы

1. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – 40 с.
2. Жуков, В.А. Конструктивная прочность. Конструкционные стали и сплавы: учеб. пособие / В.А. Жуков. – М. : ИНФРА-М, 2019. - 264 с.
3. Мнацаканян, В.У. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацаканян. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.
4. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
5. Мельников, А.С. Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова. Под общей редакцией А. С. Мельникова. – СПб : Издательство «Лань», 2018. – 420 с.
6. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – 53 с.
7. Вереина, Л.И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва :ИНФРА-М, 2013. - 320 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.
8. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
9. Вереина, Л.И. Абразивная обработка [Электронный ресурс] : справочник / Л.И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 304 с. - (Справочники ИНФРА-М). - Библиогр.: с. 299. - ISBN 978-5-16-010397-6.
10. Иванов, И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. -

Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат).  
- ISBN 978-5-16-006705-6.

11. Клепиков, В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 319 с.

12. ГОСТ 10083-81. Развертки конические. Технические условия. – 8 с.

13. ГОСТ 2848. Конусы инструментов. Методы и средства контроля. – 12 с.

14. Патент 2716565 Российская Федерация МПК<sup>7</sup> В 23 В 31/02. Самоцентрирующийся компактный плавающий держатель развертки / Евгений Самойлов, Майкл Альтман; заявитель и патентообладатель ИСКАР ЛТД (IL). –2017144806 заявл. 29.06.2016 ;опубл. 12.03.2020, Бюл. №8. – 17 с.

15. Таратынов, О.В. Технология машиностроения. Основы проектирования на ЭВМ : учеб. пособие / О.В. Таратынов, В.В. Клепиков, Б.М. Базров. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 610 с.

16. Схиртладзе, А.Г. Формообразующие инструменты в машиностроении: учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, Л.А. Чупина, А.И. Пульбере, В.А. Гречишников. – М.: Новое знание, 2006. – 557 с.

17. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Электронный ресурс]: Электрон. учеб.- метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.

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

19. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.

20. Аверченков, В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ : монография [электронный ресурс] / В.И. Аверченков,

А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 151 с.

21. Prokopenko, G. I., Mordyuk, B. M., Volosevych, P. Y., Vorona, S. P., Popova, T. V., & Piskun, N. O. (2017). Structure and properties of the 20GL steel after electric-spark alloying with nickel and molybdenum and ultrasonic impact treatment. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 39(2), 189-208. doi:10.15407/mfint.39.02.0189.

22. Kreivaitis, R., Žunda, A., Kupčinskas, A., & Jankauskas, V. (2016). A study of tribological behaviour of W-co and cu electro-spark alloyed layers under lubricated sliding conditions. *Tribology International*, 103, 236-242. doi:10.1016/j.triboint.2016.07.010.

23. Kuptsov, K. A., Sheveyko, A. N., Zamulaeva, E. I., Sidorenko, D. A., & Shtansky, D. V. (2019). Two-layer nanocomposite WC/a-C coatings produced by a combination of pulsed arc evaporation and electro-spark deposition in vacuum. *Materials and Design*, 167 doi:10.1016/j.matdes.2019.107645.

24. Korkmaz, K., Ribalko, A. V., & Sahin, O. (2013). The effect of mass transfer between electrodes in the electrospark alloying process of titanium alloys with hard materials. *Kovove Materialy*, 51(5), 283-289. doi:10.4149/km-2013-5-283.

25. Mashkov, Y. K., Korotaev, D. N., Baibaratskaya, M. Y., & Alimbaeva, B. S. (2015). Nanostructured coatings synthesized by electro-spark machining. *Technical Physics*, 60(10), 1489-1493. doi:10.1134/S1063784215100217.

26. Mashkov, Y. K., Korotaev, D. N., Baybaratskaya, M. Y., & Alimbaeva, B. S. (2015). Research and optimization of technological modes of electro-spark processing details of tribosistem. Paper presented at the 2014 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics 2014 - Proceedings, doi:10.1109/Dynamics.2014.7005682.

# Приложение А

## Операционные карты

ГОСТ 3.118-82		Формат 1	
Дубль			
Взам.			
Лист			
		Листов 2	Лист 1
Разработ	Щербакин	Кафедра ОТМП	
Проверил	Лозинко		
Нач. цеха		Корпус	
Цех	Уч.	Р.И.	Опер.
			015
Наименование операции			
	Материал	ТВ	МД
	Твердость	ЕВ	МВ
	Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71	166	8,2
	Обозначение программы	Тб	Тшт
		0,50	3/5
	То	2,65	10
	Такерный с ЧПУ 1661611С1		5% Укрынал
P	ПМ	L	S
01		MM	MM/00
			00/МИН
			М/МИН
02	1. Установить и снять заготовку		
03	396.110.XXXX Патрон цанговый; XXXXXX.XXXX Упор.		
04	Точить поверхность 3, выдерживая размер $30^{+0,1}$ ; точить поверхность 4, выдерживая размер $113,6 \pm 0,435$ .		
05	1	160,3	113,6   0,3   1   0,2   315   158,6
06	Точить поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 47,7^{+0,062}$ , $29^{+0,30 \pm 0,1}$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер $\varnothing 32^{+0,062}$ .		
P07	1	47,7	100   0,3   1   0,2   1000   149,8
08	Зенкеровать поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 47,9^{+0,05}$ , $29^{+0,30 \pm 0,15}$ .		
P09	1	47,9	100   0,1   1   0,1   63   9,5
T10	Развертывать поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 47,95^{+0,05}$ , $29^{+0,30 \pm 0,15}$ .		
T11	1	47,95	100   0,05   1   0,05   35   3,8
12			
OK			

Продолжение приложения А

ГОСТ 31404-86 Форма 2а

Добыт	Взвеш.	Лодки	Корпус										Лист 2
Р	ПИ	Д или В	L	t	f	S	n	V					
01 Т	392190.XXXXX Резец проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 392190.XXXX Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 20874-75;												
02 Т	391630.XXXXX Зенкер конический Р6М5; 391790.XXXX Развертка коническая Р6М5;												
03	393311.XXXX Штангенциркуль ШЦ-И-350-0; ГОСТ 166-89; 393120.XXXX Спец. шаблон; 393410.XXXX Микрометр ГОСТ 6507-90.												
04													
05 Р													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
OK													





