

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование кафедры)  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(код и наименование направления подготовки)  
Технология машиностроения  
(профиль)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Технологический процесс изготовления муфты механизма  
аварийного торможения суппорта

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

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент Н.Ю. Логинов

\_\_\_\_\_ (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » 2018 г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Тимашев Алексей Александрович. Технологический процесс изготовления муфты механизма аварийного торможения суппорта. Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа). Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2018. 70 с.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования техпроцесса изготовления детали «муфты механизма аварийного торможения суппорта» для среднесерийного типа производства.

Проведено исследование силовых характеристик при токарной обработке. Оно имеет в своей основе одну, наиболее адекватную, эмпирическую зависимость составляющей  $P_z$  силы резания, а другие составляющие определяются как составляющие разложения вектора главной силы резания в выбранной системе координат. Благодаря такому подходу удалось исключить последующие эмпирические зависимости и в то же время сохранить в математической модели влияние всех необходимых параметров.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Исходные данные	5
2 Технологическая часть работы	11
3 Проектирование системы автоматического управления	40
4 Безопасность и экологичность технического проекта	52
5 Экономическая эффективность работы	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	61
ПРИЛОЖЕНИЯ	64

## ВВЕДЕНИЕ

В современном машиностроении сейчас можно охарактеризовать развитие теории резания согласно известному принципу: по спирали и вверх. Действительно, первые работы по исследованиям силовых характеристик процессов резания опирались на такой удобный показатель, как удельная сила резания. Удобство заключается в том, что сила получается умножением удельной силы на площадь среза. С развитием видов обработки резанием стало сложно, а порой просто невозможно рассчитать мгновенное значение площади среза. Кроме того, на станках отсутствуют управления, позволяющие непосредственно изменять площадь среза. Можно управлять, например, при цилиндрическом фрезеровании, частотой вращения, подачей, глубиной резания, которые только опосредовано, вместе с другими многочисленными параметрами определяют площадь среза. Все это привело к появлению сложных эмпирических зависимостей, в которые входят составляющие режима резания и другие параметры, а не площадь среза.

Сегодня численные методы в сочетании с мощной вычислительной техникой позволяют легко и быстро определять площадь среза для любых видов обработки. Поэтому на следующем витке спирали развития теории резания очевидна тенденция возврата к формулам, основанным на использовании удельной силы резания. Именно такой подход применен в этом учебном пособии для составления математических моделей различных процессов резания. Последующее развитие и усовершенствование предложенных моделей и подходов, безусловно, требует проведения экспериментальных исследований, что позволит, наконец, получить адекватные модели реальных процессов резания.

## 1 Исходные данные.

### Назначение и область применения детали

Деталь – муфта предохранительная шлицевая. Она предназначена для передачи от одного вала к другому валу момента кручения. Муфта получает вращение от первого вала через шлицы, воспринимая его боковыми поверхностями шлицов, и передает на второй вал через другие шлицы. Муфта работает в условиях радиальной знакопеременной нагрузки и крутящего момента. Боковые поверхности шлицев испытывают силы контактного давления

### Классификация поверхностей.

Исполнительные поверхности, которые выполняют служебные функции на эскизе, обозначены, как – 21, 22, 12, 13.

Конструкторские основные базы, то есть поверхности, которые определяют положение проектируемой муфты в механизме, на эскизе обозначены, как – 3, 4.

Конструкторские вспомогательные базы, то есть поверхности, которые определяют положение присоединяемых деталей, на эскизе обозначены, как – 19, 20, 23, 24.

Свободные поверхности, то есть поверхности, которые не сопрягаются с другими деталями, обозначены на эскизе, как – 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18.

### Анализ технологичности детали.

Анализировать технологичность конструкции муфты будем с помощью существующей группы критериев, отвечающих за технологичность.

Материал муфты – сталь 40 ХГНМ ГОСТ 4543 – 71. Эта сталь применяется для изготовления тяжело нагруженных ответственных деталей, заменителем этой марки стали является сталь 38 ХГНМ.

Химический состав стали 40 ХГНМ:

<i>C</i> 0.35 – 0.43% (углерод)	<i>P</i> не более 0.035%
<i>Mn</i> 0.8 – 1.1% (марганец)	<i>S</i> не более 0.0035%
<i>Si</i> 0.17 – 0.37% (кремний)	<i>Сu</i> не более 0.3%
<i>Cr</i> 0.5 – 0.8% (хром)	
<i>Ni</i> 0.7 – 1% (никель)	
<i>Mo</i> 0.2 – 0.3 (молибден)	

Эта сталь хорошо прокаливается, она не склонна к отпускной хрупкости, из-за добавления молибдена. Твердость в состоянии поставки 170 – 180 НВ, после улучшения 200 – 220 НВ и  $\sigma_s = 640$  МПа. Структура стали 40 ХГНМ после улучшения зернистый перлит, для получения данной структуры сталь должна пройти закалку и высокий отпуск при следующих режимах

Закалка:  $t_{зак} = 870^\circ C$  охлаждение в масле.

Отпуск:  $t_{отп} = 650^\circ C$  охлаждение в воде.

Заготовку для проектируемой детали возможно получить из проката, а также с помощью обработки давлением, то есть применить штамповку. Свободные поверхности при этом нужно обработать по четырнадцатому качеству точности. Такой точности на операции заготовительной нельзя добиться.

Таким образом, деталь будем считать технологичной.

Технологичность общей конструкции детали

У закруглений и фасок радиусы будем выполнять по ГОСТу 10948 – 64, а форму и размеры шлицев будем выполнять по ГОСТу 1139 – 78. Таким

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

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

Все поверхности муфты доступны для контроля.

Таким образом, можно считать, что муфта является технологичной деталью.

#### Технологичность базирования и закрепления

Пусть черновыми базами при закреплении заготовки на первой операции являются цилиндрические поверхности и торцы заготовки. В дальнейшем за базы будут приняты специально подготовленные цилиндрические и торцевые поверхности.

С точки зрения базирования и закрепления, таким образом, муфту можем считать технологичной.

#### Технологичность обрабатываемых поверхностей

Необходимо учесть, что протяженность поверхностей при механической обработке относительно невелика и должна определяться только условиями работы муфты в механизме. Точность же и шероховатость рабочих поверхностей шлицев (21, 22, 12, 13) определяется работой муфты. Предполагаемое уменьшение точности при механической обработке может привести к снижению точности при установке муфты в механизм и соответственно снижению надежности её работы. А предлагаемое увеличение значения шероховатости обрабатываемых поверхностей может привести к снижению требуемой надежности сопряжений, а также интенсивному изнашиванию.

С точки зрения обрабатываемых поверхностей, таким образом, муфту можем считать технологичной.

Так как деталь “Муфта механизма аварийного торможения суппорта” отвечает предъявляемым требованиям технологичности по всем четырем пунктам, то можем сделать вывод о её необходимой и достаточной технологичности.

Выбор стратегии разработки технологического процесса.

Решаемая задача работы – это выбрать стратегию оптимального проектирования технологического процесса, которая зависит от типа производства. Другими словами предложить принципиальный подход к определению составляющих технологического процесса, который будет отвечать за обеспечение программы выпуска деталей с заранее задающимися качеством и минимумом затрат.

Для серийного типа производства принимаем, согласно рекомендациям, следующий порядок разработки технологического процесса:

В области организации технологического процесса: последовательная стратегия, в некоторых случаях будем пользоваться циклической; линейной, а в отдельных случаях разветвленной; жесткая стратегия, но в отдельных случаях можно воспользоваться адаптивной.

Определим форму организации технологического процесса, как переменнo-поточную.

За повторяемость изделий будем принимать периодическое повторение партий деталей.

При выборе и проектировании заготовки будем пользоваться: методом получения заготовки, а именно – прокат или штамповка.

При выборе методов обработки заготовки будем учитывать коэффициенты удельных затрат из соответствующих таблиц.



Определим припуск на обработку, как незначительный.

При использовании метода определения припусков будем пользоваться, так называемым укрупненным, то есть по таблицам, а в отдельных случаях воспользуемся технологическими переходами.

В процессе проектирования технологического маршрута будем учитывать: степень унификации ТП, которая предполагает разработку специального ТП; степень детализации технологического процесса – маршрутный технологический процесс;

при формировании маршрута воспользуемся принципом, который заключается в экстенсивной, а в отдельных случаях интенсивной концентрации операций.

Обеспечивать точность будем с помощью заранее настроенного оборудования с возможностью применения активного контроля.

Базировать будем с помощью, так называемого, принципа совмещения баз.

При выборе средств технологического оснащения будем использовать: универсальное оборудование, прежде всего с ЧПУ; универсальные приспособления – стандартного типа; универсальные средства контроля или модернизированные в отдельных случаях.

При проектировании технологических операций будем учитывать: содержание операций – осуществление по возможности одновременной обработки двух или более поверхностей, исходя из соответствующих возможностей предлагаемого обрабатывающего оснащения; оптимальную загрузку станков – осуществление периодической смены деталей на обрабатывающих станках; расстановку оборудования – использование различных типов и размеров обрабатывающих станков при необходимости по ходу технологического процесса.

При осуществлении нормирования технологического процесса будем учитывать:

расчет режимов резания – расчет будем осуществлять с помощью общемашиностроительных нормативов, а в отдельных случаях воспользуемся эмпирическими формулами;

укрупненное нормирование – расчет основан на опытно-статистических нормативах, а в отдельных случаях воспользуемся детальным пооперационным нормированием;

квалификацию рабочих – будем считать достаточно высокой.

За технологическую документацию принимаем маршрутно-операционные карты.

При разработке технологического процесса будем руководствоваться принятой стратегией.

Таким образом, в выпускной квалификационной работе необходимо разработать оптимальный технологический процесс обработки муфты.

А также определить тип производства и соответственно выбрать стратегию разработки проектируемого технологического процесса.

Далее выбрать для получения заготовки оптимальный метод, провести расчет припусков на обработку и проектирование заготовки.

Необходимо определить план изготовления, схему базирования заготовки и провести разработку технологического маршрута.

После осуществить выбор необходимых средств технологического оснащения.

В заключении необходимо определиться с содержанием операций, провести расчет режимов резания и установить требуемое время на обработку.

## 2 Технологическая часть работы.

В данном разделе решается следующая задача: осуществить выбор метода получения заготовки и обработки поверхностей муфты, который будет обеспечивать минимальные затраты для получения заготовки и её обработки. А также, необходимо рассчитать требуемые припуски.

### Выбор метода получения заготовки.

В среднесерийном производстве для детали “Муфта” заготовку из стали 40ХГНМ можно получить методом проката или штамповки.

### Штамповка:

$$S_{заг} = \frac{C_i}{1000} Q K_T K_C K_B K_M K_{II} - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000} \quad (2.1)$$

где:

$C_i$  – базовая стоимость заготовок,  $C_i = 373\ 00$  рублей за 1 тонну;

$K_T$  – коэффициент, зависящий от точности заготовок, при нормальной точности  $K_T = 1$ ;

$K_C$  – коэффициент, зависящий от сложности заготовок, для первой группы сложности и стали 40ХГНМ  $K_C = 0.9$ ;

$K_B$  – коэффициент зависящий от материала и массы заготовки, при стали 40ХГНМ и массе 1.6 кг.  $K_B = 1.11$ ;

$K_M$  – коэффициент, зависящий от марки материала, для стали 40ХГНМ  $K_M = 1.79$ ;

$K_{II}$  – коэффициент, зависящий от годового объема производства  $K_{II} = 1$ ;

$Q_{ШТАМПОВКИ}$  – масса заготовки,  $Q = 1.619 \text{ кг}$ ;  $q$  – масса детали,  $q = 1.128 \text{ кг}$ ;

$S_{омх}$  – стоимость одной тонны стружки,  $S_{омх} = 2500$  рублей за 1 тонну;

$$S_{заг} = \frac{37300}{1000} \cdot 1.619 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 1.11 \cdot 0.79 \cdot 1 - (1.619 - 1.128) \frac{2500}{1000} = 95.298 \text{ руб. за 1 шт.}$$

Прокат:

$$S_{заг} = M + C_{о.з.} \quad (2.2)$$

$M$  – стоимость материала

$$M = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000} \quad (2.3)$$

$S$  – стоимость проката, для стали 40ХГНМ  $S = 15450$  рублей за одну тонну;

$Q_{ПРОКАТА}$  – масса заготовки,  $Q = 2.094 \text{ кг}$ ;  $q$  – масса детали,  $q = 1.128 \text{ кг}$ ;

$S_{омх}$  – стоимость одной тонны стружки,  $S_{омх} = 25$  У.Е. за 1 тонну;

$$M = \frac{2.094 \cdot 15450}{1000} - (2.094 - 1.128) \frac{2500}{1000} = 29.937 \text{ рублей за 1 шт.};$$

$C_{о.з.}$  – стоимость механической обработки проката.

$$C_{о.з.} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт}}{60} \quad (2.4)$$

$C_{п.з.}$  – приведенные затраты  $C_{п.з.} = 50.7$  руб./час;

$T_{шт}$  – штучное время выполняемой заготовительной операции;

$$T_{шт} = 1.02 \text{ мин.} = 62 \text{ с.};$$

$$C_{o.z.} = \frac{50.7 \cdot 1.02}{60} = 0.86 \text{ руб.};$$

$$S_{заг} = 29.937 + 0.86 = 30.797 \text{ рублей за 1 шт.}$$

Вывод:

Заготовка из проката стоит дешевле. Принимаем прокат стали 40ХГНМ диаметром 50 мм. Точность проката – 14 квалитет, шероховатость – Ra = 12.5 мкм

Определение методов обработки поверхностей.

При определении оптимального варианта обработки поверхностей выбираем минимальные суммарные удельные затраты, которые характеризуются суммой  $K_y$  всех переходов этого варианта.

Выбор методики обработки для самых точных по обработке поверхностей – шлицов 19 и 20

Таблица 2.1 – Обработка поверхностей 19, 20.

№вар.	1	2	3	4	затраты
1	Т(12)-1	Тч(9)-1.6	Пр(7) – 3.8	ТО(9)	6.4

Примечание: Т - точение, Тп – получистовое точение, Тч – чистовое точение, Тт – тонкое точение, Ш – шлифование, Шч – чистовое шлифования, Шп – получистовое шлифования, Пр – протягивание, Д – долбление, в ( ) указан номер полученного квалитета, через «тире» значение удельных затрат.

Вывод: В этом случае существует только один способ обработки поверхностей, в котором удельные затраты минимальны.

Полученными выше результатами будем пользоваться при назначении метода обработки последующих поверхностей. Порядок обработки поверхностей сведем в таблицу.

### Расчет припусков

Расчет припусков на точную поверхность будем вести по посадке подшипника, имеющей размер:  $d = 21^{+0.035}$ . При обработке данной поверхности предлагается технологический маршрут, который состоит из: сверления, точения чистового, протягивания и термообработки.

Проведем расчеты:

$$Z_i \text{ min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_i^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.5)$$

$$Z_i \text{ max} = Z_i \text{ min} + 0.5(Td_{i-1} + Td_i) \quad (2.6)$$

Значения  $a$  определена для наиболее распространенных методов обработки.

$\Delta = 0.25Td$  – сумма значений отклонения формы и расположения поверхностей сразу после обработки;

$\varepsilon$  – отклонение точности установки заготовки в приспособлении.

Предельные размеры:

$$d_{\langle i \rangle \text{ min}} = d_i \text{ max} + 2Z_i \text{ min} \quad (2.7)$$

$$d_{\langle i \rangle \text{ max}} = d_{\langle i \rangle \text{ min}} + Td_{i-1} \quad (2.8)$$

Расчеты:

Расчет четвертого перехода (термообработка)

$$D_{TO \max} = 21.035 \text{ мм}, D_{TO \min} = 21.000 \text{ мм}, Td_{TO} = 0.035 \text{ мм. (исходные данные)}$$

$$\Delta_{TO} = 0.009 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{TO} = 0 \text{ мм.}$$

$a_{TO} = 0.25 \text{ мм}$  (для термической обработки)

Определим предельные размеры до термической обработки:

$$D_3 \min = 21.000 \cdot 0.999 = 20.979 \text{ мм} \quad (Td_3 = 0.021 \text{ после протягивания})$$

$$D_3 \max = 20.979 + 0.021 = 21.000 \text{ мм}$$

Расчет третьего перехода

$$\Delta_3 = 0.005 \text{ мм,}$$

$$\varepsilon_3 = 0 \text{ мм}$$

$a_3 = 0.01 \text{ мм}$  (протягивание)

по формулам 2.5 и 2.6:

$$Z_3 \min = 0.01 + \sqrt{0.005^2 + 0} = 0.015 \text{ мм}$$

$$Z_3 \max = 0.015 + 0.5(0.052 + 0.021) = 0.052 \text{ мм} \quad (Td_2 = 0.052 \quad \text{после} \quad \text{ЧИСТОВОГО} \\ \text{точения})$$

Определим предельные размеры до протягивания:

$$D_2 \min = 20.979 + 2 \cdot 0.015 = 21.009 \text{ мм}$$

$$D_2 \max = 21.009 + 0.052 = 21.061 \text{ мм}$$

Расчет второго перехода

$$\Delta_2 = 0.013 \text{ мм,}$$

$$\varepsilon_2 = 0.12 \text{ мм} - \text{(установка в трех кулачковом патроне)}$$

$a_2 = 0.1 \text{ мм}$  (растачивание)

по формулам 2.5 и 2.6:

$$Z_2 \min = 0.1 + \sqrt{0.013^2 + 0.12^2} = 0.220 \text{ мм}$$

$$Z_2 \max = 0.220 + 0.5(0.130 + 0.052) = 0.311 \text{ мм} \quad (Td_1 = 0.130 \text{ после сверления})$$

Определим предельные размеры до точения:

$$D_1 \min = 21.061 + 2 \cdot 0.220 = 21.501 \text{ мм}$$

$$D_1 \max = 21.501 + 0.130 = 21.631 \text{ мм}$$

Расчет первого перехода

$$\Delta_1 = 0.033 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_1 = 0.12 \text{ мм} \text{ — (установка в трех кулачковом патроне)}$$

$$a_1 = 0.1 \text{ мм (сверление)}$$

по формулам 2.5 и 2.6:

$$Z_1 \min = 0.1 + \sqrt{0.013^2 + 0.12^2} = 0.320 \text{ мм}$$

$$Z_1 \max = 0.320 + 0.5(0.130 + 0.052) = 0.411 \text{ мм}$$

Общий припуск

$$2Z \min = D_1 \min - D_{ТО} \max = 21.501 - 21.035 = 0.466 \text{ мм.}$$

$$2Z \max = 2Z \min + Td_1 + Td_{ТО} = 0.932 + 0.130 + 0.035 = 1.097 \text{ мм.}$$

Полученные данные сведем в таблицу.

Таблица 2.3 – Таблица припусков.

Номер	перехода Наименование	перехода кв	Точность		Составные припуски			Припуск			Предельные размеры		
			Td, мм.	a, мм.	Δ, мм.	ε, мм.	Z <sub>min</sub> мм.	Z <sub>max</sub> мм.	Z <sub>ср</sub> мм.	D <sub>min</sub> , мм.	D <sub>max</sub> , мм.	D <sub>ср</sub> , мм.	
1	Св	11	0.130	0.1	0.033	0.12	0.320	0.411	0.366	21.501	21.631	21.566	
2	Тп	9	0.052	0.1	0.013	0.12	0.220	0.311	0.266	21.009	21.061	21.035	
3	Пр	7	0.021	0.01	0.005	---	0.015	0.052	0.034	20.979	21.000	20.990	
ТО	ТО	8	0.035	0.25	0.009	---	---	---	---	21.000	21.035	21.018	

Разработка технологического маршрута.



В разделе ставится задача: разработка оптимального маршрута, то есть нахождение последовательности операций, которая будет обеспечивать получение готовой детали из заготовки с наименьшими затратами. При этом нужно провести разработку для каждой операции соответствующих схем базирования заготовки, которые будут осуществлять обеспечение минимальной погрешности обработки.

При выполнении проектирования технологического маршрута нужно руководствоваться следующими рекомендациями:

а) на операции №1 нужно обработать только те поверхности, которые на будущих операциях будут необходимы, как технологические базы. Такими поверхностями являются торцы 1 и 6, а так же цилиндрические поверхности 7 и 8.

б) Технологический процесс состоит из обработки лезвийным инструментом и последующей термообработкой. До термообработки протачиваются все поверхности и протягиваются шлицы, с таким расчетом чтобы получить необходимую точность после термообработки.

Таблица 2.4 – Технологический маршрут.

№ п/п	Поверхности	№ Операции	Название операции
1 2	7, 1 19	10	Токарная.
3 4 5 6 7	20, 19, 18, 17, 15, 13. 20, 19, 18, 17, 15, 13. 8, 6. 18. 5.	20	Токарная.
3 4 6 7	19, 16, 14, 12. 19, 16, 14, 12. 1. 2.	30	Токарная.
8	24, 23, 22, 21, 20, 19.	40	Протяжная.
9	13	50	Резьбонарезная.
10	12	60	Резьбонарезная.
11 12	11, 10, 9, 8, 7. 10	70	Токарная.
13	Все	80	ТО

Выбор баз.

Таблица 2.5 – Выбор баз

№ операции	Тип, модель станка	Метод обработки	Базовая поверхность	
			№	Вид базы
10	Токарно-винторезный Станок 16К20	Точение, Сверление	6 <sup>10</sup>	Опорная
			8 <sup>10</sup>	Двойная направляющая
			8 <sup>10</sup>	
20	Токарный с ЧПУ Станок 16А20Ф3	Точение.	7 <sup>20</sup>	Двойная направляющая
			7 <sup>20</sup>	
			1 <sup>20</sup>	Опорная
30	Токарный с ЧПУ Станок 16А20Ф3	Точение	8 <sup>30</sup>	Двойная направляющая
			8 <sup>30</sup>	
			6 <sup>30</sup>	Опорная
40	Протяжной Станок 7Б65	Протягивание	19 <sup>40</sup>	Двойная направляющая
			20 <sup>40</sup>	
			6 <sup>40</sup>	Опорная
50	Токарно-винторезный Станок 16К20	Резьбонарезание	8 <sup>50</sup>	Двойная направляющая
			8 <sup>50</sup>	
			6 <sup>50</sup>	Опорная
60	Токарно-винторезный Станок 16К20	Резьбонарезание	7 <sup>60</sup>	Двойная направляющая
			7 <sup>60</sup>	
			1 <sup>60</sup>	Опорная
70	Токарный с ЧПУ Станок 16А20Ф3	Точение	10 <sup>70</sup>	Двойная направляющая
			14 <sup>70</sup>	
			1 <sup>70</sup>	Опорная

Принимаемые схемы для базирования должны обеспечить минимальную или нулевую погрешность базирования. Теоретические схемы базирования приведены на чертеже «План обработки».

Выбор средств технологического оснащения (СТО).

В разделе решается следующая задача: для каждой операции технологического процесса необходимо осуществить выбор СТО, который будет обеспечивать заданную программу выпуска деталей с задающимися качеством и минимальными расходами.

#### Обоснование выбора оборудования

Выбор станка будет основываться на предлагаемых правилах:

- а) такие характеристики, как мощность, производительность и точность должны быть оптимальными, но в то же время достаточными для выполнения спроектированных операций;
- б) с целью уменьшения числа операций необходимо обеспечить концентрацию производства, количественный состав оборудования, повышение производительности и требуемую точность обработки для уменьшения числа перестановок заготовки;
- в) использовать станки отечественного производства;
- г) для среднесерийного производства использовать станки с ЧПУ;
- д) выбранное оборудование должно в обязательном порядке отвечать требованиям по безопасности, по эргономике и по экологии.

Выбор оборудованию представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Оборудование.

№ операции	№ поверхности	Метод обр-ки	Квалитет	Тип, марка станка
10	1, 7 19.	Точение, Сверление	11 11	Токарно-винторезный 16К20
20	5, 6, 8, 13, 15, 17, 20, 18, 19.	Точение	9	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3
30	1, 2, 12, 14, 16, 19.	Точение	9	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3
40	19, 20, 21, 22, 23, 24.	Протягивание	7	Протяжной 7Б65
50	12	Точение резьбы	—	Токарно-винторезный 16К20
60	13	Точение резьбы	—	Токарно-винторезный 16К20
70	7, 8, 9, 10, 11.	Точение	10	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3

#### Обоснования выбора приспособлений

Выбор приспособления будем осуществлять, руководствуясь следующих правил:

- а) обеспечение материализации теоретических баз, соответствующее быстродействию и надежность;
- б) обеспечение надежного закрепления заготовки при обработке.

в) предпочтение при выборе стандартного нормализованного, универсально – сборного приспособления, и только в исключительных случаях специального приспособления.

Выбор приспособления сведен в таблицу 2.7

Выбор инструмента.

Выбор инструмента необходимо осуществлять, руководствуясь следующими правилами:

- а) учитывать метод обработки, тип оборудования и пространственную геометрию обрабатываемой поверхности;
- б) отдавать предпочтение стандартным инструментам, применять нестандартные при отсутствии первых.
- в) материал инструмента выбирать, исходя из материала обрабатываемой заготовки, вида обработки и состояния обрабатываемой поверхности.

Таблица 2.7 – СТО ТП для обработки детали «Муфты»

Операция	О	П	И	Приборы
10 Токарная	Токарно-винторезный станок 16К20	Патрон трехкулачковый ГОСТ 3265-75	Резец проходной ГОСТ 18878-73	ШЦ-2 (штангенциркуль) ГОСТ 160-80
20 Токарная	Токарный с ЧПУ станок 16А20Ф3	Патрон трехкулачковый ГОСТ 8742-75.	Резец для точения по контуру ГОСТ 18878-73, специальный расточной резец ВК8, специальный расточной резец Т30К4, канавочные резцы Т5К10.	ШЦ-2 (штангенциркуль) ГОСТ 160-80 МК-50 (микрометр) ГОСТ 6507-78
30 Токарная	Токарный с ЧПУ станок 16А20Ф3	Патрон трехкулачковый ГОСТ 8742-75.	Резец для точения по контуру ГОСТ 18878-73, специальный расточной резец ВК8, специальный расточной резец Т30К4, канавочные резцы Т5К10.	ШЦ-2 (штангенциркуль) ГОСТ 160-80 МК-50 (микрометр) ГОСТ 6507-78
40 Протяжная	Протяжной станок 7Б65	Планшайба с опорным фланцем	Протяжка шестишлицевая.	Калибр шлицевой
50 Резьбонарезная	Токарно-винторезный станок 16К20	Патрон цанговый	Резцы токарные сборные для нарезания резьбы ГОСТ 22207-76	Калибр резьбовой
60 Резьбонарезная	Токарно-винторезный станок 16К20	Патрон цанговый	Резцы токарные сборные для нарезания резьбы ГОСТ 22207-76	Калибр резьбовой
70 Токарная	Токарный с ЧПУ станок 16А20Ф3	Оправка специальная	Резец для контурного точения ГОСТ 18878-73	ШЦ-2 (штангенциркуль) ГОСТ 160-80 МК-50 (микрометр) ГОСТ 6507-78

## Проектирование технологических операций.

Расчет режимов резания.

Расчет для токарной операции №20.

Расчет первого перехода:

Задающиеся данные: ВК8 (резец)

Обрабатываемый станок 16К20Ф3

$$\sigma = 640 \text{ МПа}$$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 3 \text{ мм}$ .

Рекомендуем подачу для черного растачивания (диаметр круглого сечения резца считаем 16 мм):  $S = 0.12 \text{ мм/об}$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.12 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 60 \text{ мин}$ .

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V = \frac{317}{60^{0.2} \cdot 0.12^{0.2} \cdot 3^{0.15}} \cdot 0.469 = 84.91 \text{ м/мин}$$

где:

$$C_V = 317, \quad m = 0.20, \quad x = 0.15, \quad y = 0.20$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$



$$K_{nV} = 1$$

$$K_{uV} = 0.4$$

$$K_V = 0.468$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 84.911}{3.14 \cdot 18} = 1502 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 1250 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 18 \cdot 1250}{1000} = 70.65 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{01} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

где:  $S_{p.x.} = 0.12 \text{ мм/об}$ .

$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин}$ .

$n = 1250 \text{ об/мин}$ .

$L_{p.x.} = 150 \text{ мм}$ .

$L_{x.x.} = 279 \text{ мм}$ .

$$T_{01} = \frac{150}{0.12 \cdot 1250} + \frac{279}{3600} = 1.077 \text{ мин} = 64.62 \text{ сек.}$$

Расчет второго перехода:

Задающиеся данные: Резец Т30К4

Обрабатывающий станок 16К20Ф3

$\sigma = 640 \text{ МПа}$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 0.5 \text{ мм}$

Рекомендуем подачу:  $S = 0.10 \text{ мм/об}$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.10 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 120 \text{ мин.}$

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V = \frac{420}{120^{0.2} \cdot 0.1^{0.2} \cdot 0.5^{0.15}} \cdot 1.641 = 465 \text{ м/мин}$$

где:

$$C_V = 420, \quad m = 0.20, \quad x = 0.15, \quad y = 0.2$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 1$$

$$K_{uV} = 1.4$$

$$K_V = 1.641$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 465.13}{3.14 \cdot 32} = 4629 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 2000 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 32 \cdot 2000}{1000} = 200.96 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{02} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}}$$

где:  $S_{p.x.} = 0.10 \text{ мм/об.}$

$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин.}$

$n = 2000 \text{ об/мин.}$

$L_{p.x.} = 90 \text{ мм.}$

$L_{x.x.} = 165 \text{ мм.}$

$$T_{02} = \frac{90}{0.10 \cdot 2000} + \frac{165}{3600} = 0.496 \text{ мин} = 29.76 \text{ сек.}$$

Расчет третьего перехода:

Задающиеся данные: Резец Т5К10

Обрабатываемый станок 16К20Ф3

$\sigma = 640 \text{ МПа}$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 1.5 \text{ мм}$

Рекомендуем подачу:  $S = 0.12 \text{ мм/об}$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.12 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 120 \text{ мин.}$

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{47}{120^{0.2} \cdot 0.1^{0.8}} \cdot 0.762 = 74.94 \text{ м / мин}$$

где:

$C_V = 47, m = 0.20, y = 0.8$

$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 1$$

$$K_{uV} = 0.65$$

$$K_V = 0.762$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 74.94}{3.14 \cdot 27} = 883.93 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 900 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 27 \cdot 900}{1000} = 76.302 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

где:  $S_{p.x.} = 0.12 \text{ мм/об.}$

$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин.}$

$n = 900 \text{ об/мин.}$

$L_{p.x.} = 20 \text{ мм.}$

$L_{x.x.} = 232 \text{ мм.}$

$$T_{03} = \frac{20}{0.12 \cdot 900} + \frac{232}{3600} = 0.25 \text{ мин} = 15 \text{ сек.}$$

Расчет четвертого перехода:

Задающиеся данные: Резец Т5К10

Обрабатываемый станок 16К20Ф3

$\sigma = 640 \text{ МПа}$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 1.5 \text{ мм}$

Рекомендуем подачу:  $S = 0.12 \text{ мм/об}$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.12 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 120 \text{ мин.}$

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{47}{120^{0.2} \cdot 0.1^{0.8}} \cdot 0.762 = 74.94 \text{ м / мин}$$

где:

$$C_V = 47, \quad m = 0.20, \quad y = 0.8$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 1.$$

$$K_{uV} = 0.65$$

$$K_V = 0.762$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 74.94}{3.14 \cdot 42} = 568.241 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 630 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 42 \cdot 630}{1000} = 83.084 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{04} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

где:  $S_{p.x.} = 0.12 \text{ мм/об.}$

$$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин.}$$

$$n = 630 \text{ об/мин.}$$

$$L_{p.x.} = 3 \text{ мм.}$$

$$L_{x.x.} = 119 \text{ мм.}$$

$$T_{04} = \frac{3}{0.12 \cdot 630} + \frac{119}{3600} = 0.073 \text{ мин} = 4.38 \text{ сек.}$$

Расчет пятого перехода:

Задающиеся данные: Резец ВК8

Обрабатываемый станок 16К20Ф3

$$\sigma = 640 \text{ МПа}$$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 0.5 \text{ мм}$

Рекомендуем подачу:  $S = 0.5 \text{ мм/об}$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.5 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 60 \text{ мин.}$

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V = \frac{215}{60^{0.2} \cdot 0.5^{0.45} \cdot 0.5^{0.15}} \cdot 0.422 = 60.619 \text{ м/мин}$$

где:

$$C_V = 215, \quad m = 0.20, \quad x = 0.15, \quad y = 0.45$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}.$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 0.9$$

$$K_{uV} = 0.4$$

$$K_V = 0.422$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60.619}{3.14 \cdot 50} = 386.109 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 400 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 400}{1000} = 62.8 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{05} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

где:  $S_{p.x.} = 0.5 \text{ мм/об}$ .

$$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин.}$$

$$n = 400 \text{ об/мин.}$$

$$L_{p.x.} = 66 \text{ мм.}$$

$$L_{x.x.} = 157 \text{ мм.}$$

$$T_{05} = \frac{66}{0.5 \cdot 400} + \frac{157}{3600} = 0.374 \text{ мин} = 22.44 \text{ сек.}$$

Для данной операции определим штучное время:

$$T_{шт} = T_0 + T_6$$

$$\text{где } T_0 = T_{01} + T_{02} + T_{03} + T_{04} + T_{05} = 1.077 + 0.496 + 0.25 + 0.073 + 0.374 = 2.27 \text{ мин.}$$

$$T_g = 8.41 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ит}} = 2.27 + 8.41 = 10.68 \text{ мин.}$$

Расчет режимов резания для токарной операции №70.

Расчет первого перехода:

Задающиеся данные: ВК8 (резец)

Обрабатываемый станок 16К20Ф3

$$\sigma = 640 \text{ МПа}$$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 3.5 \text{ мм}$ .

Рекомендуем подачу для чернового точения детали (диаметр детали 50 мм):

$$S = 0.4 \text{ мм/об}$$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.4 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 60 \text{ мин}$ .

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V = \frac{215}{60^{0.2} \cdot 0.4^{0.45} \cdot 3.5^{0.15}} \cdot 0.422 = 75.838 \text{ м/мин}$$

где:

$$C_V = 215, \quad m = 0.20, \quad x = 0.15, \quad y = 0.45$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 0.9$$



$$K_{uV} = 0.4$$

$$K_V = 0.422$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 75.838}{3.14 \cdot 50} = 575.051 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 630 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 630}{1000} = 83.084 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{01} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

где:  $S_{p.x.} = 0.4 \text{ мм/об.}$

$$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин.}$$

$$n = 630 \text{ об/мин.}$$

$$L_{p.x.} = 232 \text{ мм.}$$

$$L_{x.x.} = 468 \text{ мм.}$$

$$T_{01} = \frac{232}{0.4 \cdot 630} + \frac{468}{3600} = 1.043 \text{ мин} = 62.58 \text{ сек.}$$

Расчет второго перехода:

Задающиеся данные: Резец ВК8

Обрабатываемый станок 16К20Ф3

$$\sigma = 640 \text{ МПа}$$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 3.5 \text{ мм.}$

Рекомендуем подачу для чернового точения детали (диаметр детали 50 мм):

$$S = 0.4 \text{ мм/об}$$

Корректировка по паспортным данным станка:  $S = 0.4 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 60 \text{ мин.}$

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V = \frac{215}{60^{0.2} \cdot 0.4^{0.45} \cdot 2.5^{0.15}} \cdot 0.422 = 89.732 \text{ м/мин}$$

где:

$$C_V = 215, m = 0.20, x = 0.15, y = 0.45$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 0.9$$

$$K_{uV} = 0.4$$

$$K_V = 0.422$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 89.732}{3.14 \cdot 50} = 680.409 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 630 \text{ об/мин}$

Проведем расчет реальной скорости для резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 630}{1000} = 83.084 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_{02} = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

где:  $S_{p.x.} = 0.4 \text{ мм/об.}$

$S_{x.x.} = 3600 \text{ мм/мин.}$

$n = 630 \text{ об/мин.}$

$L_{p.x.} = 24 \text{ мм.}$

$L_{x.x.} = 331 \text{ мм.}$

$$T_{02} = \frac{24}{0.4 \cdot 630} + \frac{331}{3600} = 0.187 \text{ мин} = 11.22 \text{ сек.}$$

Для данной операции определим штучное время:

$$T_{шт} = T_0 + T_е$$

где  $T_0 = T_{01} + T_{02} = 1.043 + 0.187 = 1.23 \text{ мин.}$

$T_е = 4.55 \text{ мин.}$

$$T_{шт} = 1.23 + 4.55 = 5.78 \text{ мин.}$$

Расчет режимов резания для резьбонарезной операции №50.

Задающиеся данные: Резец Т15К6

Обработывающий станок 16К20

$$\sigma = 640 \text{ МПа}$$

Параметры режимов резания:

За глубину резания примем:  $t = 0.75 \text{ мм.}$

Рекомендуем продольную подачу для резьбонарезания по шагу нарезаемой резьбы:  $S = 1.5 \text{ мм/об}$

Определяем период стойкости резца, как:  $T = 60 \text{ мин.}$

Скорость при резании:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{244 \cdot 2^{0.23}}{120^{0.2} \cdot 1.5^{0.3}} \cdot 0.879 = 85.488 \text{ м/мин}$$

где:

$$C_V = 244, m = 0.20, x = 0.23, y = 0.3$$

$$i = 2$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{mV} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{640} \right)^1 = 1.17$$

$$n = 1.0$$

$$K_{nV} = 0.75$$

$$K_{uV} = 1$$

$$K_V = 0.879$$

Характеристики шпинделя (частота вращения):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 85.488}{3.14 \cdot 50} = 648.226 \text{ об/мин}$$

Корректировка по паспорту  $n = 630 \text{ об/мин}$

Расчет реальной скорости для резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 630}{1000} = 83.084 \text{ м/мин}$$

Определяем основное технологическое время:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_{p.x.} \cdot n} + \frac{L_{x.x.}}{S_{x.x.}},$$

$$\text{где: } S_{p.x.} = 1.5 \text{ мм/об.}$$

$$S_{x.x.} = 1600 \text{ мм/мин.}$$

$$n = 630 \text{ об/мин.}$$

$$L_{p.x.} = 33 \text{ мм.}$$

$$L_{x.x.} = 66 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{33}{1.5 \cdot 630} + \frac{66}{1600} = 0.076 \text{ мин} = 4.56 \text{ сек.}$$

Для данной операции определим штучное время:

$$T_{шт} = T_0 + T_g$$

где  $T_0 = 0.076 \text{ мин.}$

$$T_g = 0.282 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0.076 + 0.282 = 0.358 \text{ мин.}$$

Расчет режимов резания для протяжной операции №40.

Исходные данные:

Наружный диаметр шлицевого отверстия, мм.  $D_n = 25^{+0.021}$

Внутренний диаметр шлицевого отверстия, мм.  $d_g = 21^{+0.021}$

Ширина шлицев  $b_{ш} = 5$

Фаска по внутреннему диаметру  $f=0.5 \text{ мм.}$

Число шлицев  $n_z = 6$

Длина обрабатываемого отверстия  $L=50 \text{ мм.}$

Обрабатываемый материал Сталь 40 ХГНМ.

Твердость НВ 190

Станок 7Б65

Тяговая сила 100 кН.

Наибольший рабочий ход ползуна 1250 мм.

Шаг режущих зубьев  $t_p = m\sqrt{L} = (1.25...1.5)\sqrt{50} = 8.839...10.607 \text{ мм.}$

Принятый шаг зубьев  $t_p = 10 \text{ мм}$ .

За наибольшее число зубьев, находящихся в работе примем

$$z_{\max} = \frac{L}{t_p} + 1 = \frac{50}{10} + 1 = 6$$

Глубину стружечной канавки будем считать  $h_k = 4 \text{ мм}$ .

Считаем площадью стружечной канавки  $F_k = 12.56 \text{ мм}^2$

Примем коэффициентом заполнения канавки  $K = 4$ .

Допустимой по размещению стружки в канавке подачей считаем

$$S_{zk} = F_k / KL = 0.063 \text{ мм/зуб.}$$

Допускаемая сила резания, рассчитанная по хвостовику пусть будет:

$$P_x = F_k \cdot \sigma_x = 176.7 \cdot 250 = 44175 \text{ Н}$$

Допускаемое усилие относительно прочности первого зуба будет:

$$P_1 = F_1 \cdot \sigma_1 = \pi \cdot (D_{01} - 2h)^2 \cdot \sigma_1 / 4 = 3.14 \cdot (20.85 - 2 \cdot 4)^2 \cdot \frac{300}{4} = 39691 \text{ Н}$$

Расчет силы резания (расчетное усилие резания равно наименьшему значению

из  $P_x$ ,  $P_1$ ,  $P_c \cdot 0.9$ )  $P_p = 39691 \text{ Н}$

Подача, допускаемая по силе резания

$$S_{zp} = \left( \frac{P_p}{C_p \cdot \pi \cdot D_0 \cdot z_{\max}} \right)^{1/x} = \left( \frac{39691}{2880 \cdot 3.14 \cdot 20.85 \cdot 6} \right)^{1/8/10} = 0.015 \text{ мм/зуб.}$$

Принятое значение подачи для круглых зубьев  $S_z = 0.015 \text{ мм/зуб.}$

Расчет подачи для шлицевых зубьев:

Шаг режущих зубьев  $t_p = m\sqrt{L} = (1.45 \dots 1.9)\sqrt{50} = 10.253 \dots 13.435 \text{ мм}$ .

Принятый шаг зубьев  $t_p = 12 \text{ мм}$ .

Глубину стружечной канавки будем считать  $h_k = 4 \text{ мм}$ .

Считаем площадью стружечной канавки  $F_k = 12.56 \text{ мм}^2$

Примем коэффициентом заполнения канавки  $K = 4$ .

Допустимой по размещению стружки в канавке подачей считаем

$$S_{zk} = F_k / KL = 0.063 \text{ мм/зуб.}$$

Подача, допускаемая по силе резания

$$S_{zp} = \left( \frac{P_p}{C_p \cdot \pi \cdot D_0 \cdot z_{\max}} \right)^{1/X} = \left( \frac{39691}{2880 \cdot 3.14 \cdot 21.021 \cdot 5} \right)^{1/8/10} = 0.045 \text{ мм/зуб.}$$

Принятое значение подачи  $S_z = 0.045 \text{ мм/зуб.}$

Скорость рабочего хода протяжки  $V = 5 \text{ м/мин.}$

Определяем основное время (технологическое):

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{V} + \frac{L_{x.x.}}{V_{x.x.}} = \frac{748}{5} + \frac{1100}{20} = 0.205 \text{ мин.}$$

Расчет времени (штучного) обработки на данной операции:

$$T_{шт} = T_0 + T_e$$

где  $T_0 = 0.205 \text{ мин.}$

$$T_e = 0.76 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0.76 + 0.205 = 0.965 \text{ мин.}$$

### 3 Проектирование системы автоматического управления.

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

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

Ось  $OX$  совпадает с осью главного движения резания заготовки или инструмента, а проекция силы резания на эту ось называется осевой составляющей  $P_x$  силы резания. Последняя, ортогональная координата  $OY$  направлена по радиусу обрабатываемой заготовки или по радиусу режущего



инструмента и называется радиальной составляющей  $P_y$  силы резания. Представление силы резания ее составляющими обеспечивает удобство определения многих характеристик процесса резания, а именно: мощности резания, точности обработки, нагрузки режущего инструмента и его деформации, нагрузки на элементы кинематической цепи механизма подачи, количества теплоты, выделяемой в процессе резания и т.д. Соответственно, знание силовых характеристик процесса обработки, позволяет рассчитывать и прогнозировать упругие деформации ТОС, тепловые деформации инструмента, заготовки или частей станочного оборудования, условия обработки и делать оценку автоколебаний, которые возникают в упругой ТОС.

Сила резания определяется влиянием достаточно большого количества факторов, действующих в процессе резания, среди которых наибольшее влияние оказывают параметры режимов резания:  $H$  – глубина,  $S$  – продольная подача,  $V$  – скорость; геометрия режущего клина инструмента; физико-механические характеристики материала обрабатываемой детали; физико-механические характеристики инструментального материала, а также характеристики смазочно-охлаждающей технологической среды.

Впервые глубокие научные исследования силовых зависимостей при резании были выполнены К.О. Зворыкиным, по результатам которых была предложена эмпирическая модель для определения главной составляющей силы резания:

$$P_z = k_z b^{x_{Pz}} a^{y_{Pz}},$$

где  $k_z$  -коэффициент пропорциональности, который определяет влияние всех факторов процесса обработки за исключением ширины  $b$  и толщины  $a$  срезаемого слоя припуска. Любые изменения факторов процесса обработки требуют определения численного значения этого коэффициента. Кроме того, при заданных условиях обработки неизвестными величинами в предложенной

формуле являются показатели степени  $x_{P_z}$ ,  $y_{P_z}$ , для определения которых необходимо выполнить экспериментальные исследования влияния ширины  $b$  и толщины  $a$  срезаемого слоя припуска на величину составляющей  $P_z$ .

Для упрощения, материалы обрабатываемых деталей, были разделены на группы, для каждой из которых определили типичного представителя, наиболее благоприятные условия обработки и, на основе многочисленных экспериментальных исследований, были установлены нормативные значения показателей степени и коэффициента пропорциональности для общей структуры математической модели, которая определяет главную составляющую силы резания при токарной обработке:

$$P_z = C_{P_z} H^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} V^{n_{P_z}} k_{P_z},$$

Отличие конкретных условий обработки от тех, что использовались в исследованиях для их определения, учитываются поправочным коэффициентом  $k_{P_z}$ , величина которого рассчитывается по формуле:

$$k_{P_z} = \prod_{i=1}^n \epsilon_{P_z, i}$$

Анализ существующей справочной литературы показывает, что данные для расчетов составляющих силы резания приведены далеко не для всех групп материалов и основных видов обработки. Так, для токарной обработки всех групп материалов обрабатываемых деталей, и отдельных видов обработки приведены только данные, необходимые для расчета главной составляющей  $P_z$  силы резания. Данные, необходимые для расчета других составляющих в большинстве случаев отсутствуют. Поправочные коэффициенты на отличительные условия обработки представлены дискретными значениями, что

создает определенные трудности их применения при расчетах и, особенно, при применении формализованных систем определения режимов резания и характеристик процесса обработки. В целом, отсутствие достаточных данных для расчетов составляющих обуславливает невозможность рассчитать силу резания и определить ее направление.

Экспериментальные исследования силовых зависимостей предусматривают использование специальной измерительной аппаратуры, которая обеспечивает измерение отдельных составляющих. Определенные ограничения возможностей такой аппаратуры (например, тензометрический динамометр УДМ-600) заключаются в способности измерять отдельные составляющие силы резания, а не непосредственно саму силу резания. При сравнении экспериментально полученных результатов, возникает несогласованность между математической моделью силы резания и отдельных ее составляющих. Такая несогласованность обычно компенсируется поправочным коэффициентом на переменные условия обработки, который зависит от многочисленных факторов – материала заготовки, углов режущей части инструмента, материала инструмента и т.д.

Поскольку  $P_z$  может быть определена наиболее достоверно и наиболее просто измерена, даже без применения специальной динамометрической аппаратуры, например, по мощности резания, считается целесообразным принять именно эту составляющую за основу расчета силы резания и ее составляющих при токарной обработке. При таком подходе влияние таких факторов, как материал заготовки, инструмента и составляющих режима резания учитывается в формуле для расчета составляющей  $P_z$ , а составляющие  $P_y$  и  $P_x$  рассчитываются по их первичному определению, то есть как геометрические составляющие разложения вектора силы резания по осям координат (рисунок 3.1).

Таким образом, составляющая  $P_z$  силы резания определяется эмпирической зависимостью, которая несколько отличается от традиционной:

$$P_z = C_{Pz} H^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} V^{n_{Pz}} k, \quad (3.1)$$

где  $C_{Pz}$  – коэффициент, зависящий только от материала заготовки;  $k$  – поправочный коэффициент, зависящий только от материала инструмента;  $x_{Pz}$ ,  $y_{Pz}$ ,  $n_{Pz}$  – показатели степени;  $H$ ,  $S$ ,  $V$  – глубина, подача и скорость резания.

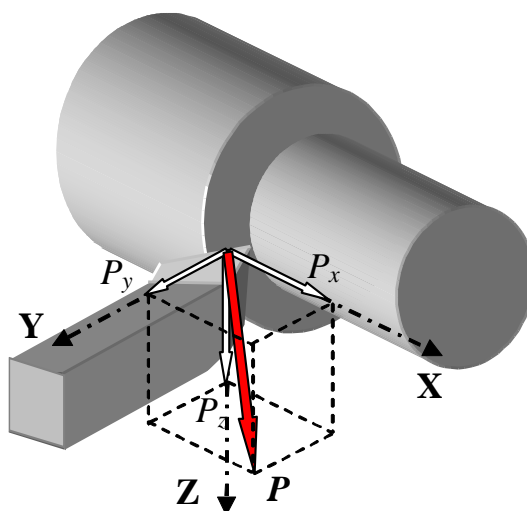


Рисунок 3.1 – Сила резания при продольной токарной обработке

Составляющие  $P_x$  и  $P_y$  являются векторами разложения составляющей  $P_{xy}$ , которая действует по передней поверхности инструмента в направлении, совпадающим с направлением схода стружки. Модуль составляющей  $P_{xy}$  определяется по упрощенной зависимости:

$$P_{xy} = 0,6P_z. \quad (3.2)$$

Для определения направления схода стружки удобно воспользоваться геометрическими соотношениями (рисунок 3.2), где представлен вид в плане

зоны резания. На рисунке 3.2 приведены два положения режущих кромок инструмента, которые отличаются одним оборотом заготовки и обозначены 1 и 2 соответственно на двух соседних оборотах заготовки.

Из треугольника  $ACK$  высота  $GC$  определяется из уравнения:

$$S_{об} = \frac{GC}{\operatorname{tg}\varphi} + \frac{GC}{\operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (3.3)$$

где  $\varphi$  и  $\varphi_1$  – главный и вспомогательный углы в плане резца соответственно.

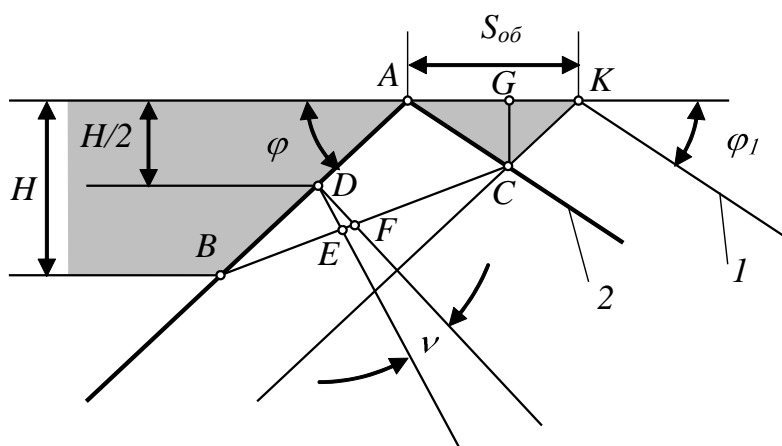


Рисунок 3.2 – Определение угла схода стружки

Из треугольника  $AGC$  можно найти гипотенузу  $AC$ :

$$AC = GC / \sin \varphi_1. \quad (3.4)$$

После подстановки выражения для  $GC$ , полученного из (3.3), в (3.4) и несложных математических преобразований, находим:

$$AC = S_{\sigma\sigma} \frac{\sin \varphi}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \quad (3.5)$$

По теореме синусов, из треугольника ABC:

$$\frac{\sin \angle ABC}{\sin \angle ACB} = \frac{AC}{AB}. \quad (3.6)$$

Из геометрических соотношений треугольника ABC, имея в виду, что  $\angle ABC = \nu$ , а  $\angle ACB = \pi - \angle BAC - \nu = \varphi + \varphi_1 - \nu$  и, кроме того,  $AB = H/\sin \varphi$ , из формулы (3.6) после несложных математических преобразований можно получить выражение для расчета угла схода стружки:

$$\nu = \arctg \left( \frac{S_{\sigma\sigma} \sin(\varphi + \varphi_1) \sin^2 \varphi}{H \sin(\varphi + \varphi_1) + S_{\sigma\sigma} \cos(\varphi + \varphi_1) \sin^2 \varphi} \right). \quad (3.7)$$

Таким образом, определен вектор составляющей  $P_{xy}$  силы резания, модуль которого рассчитывается по формуле (3.2), а угол по отношению нормали к главной режущей кромке – по (3.7).

Для определения составляющих  $P_x$  и  $P_y$  нужно рассмотреть влияние на них  $\gamma$  и  $\lambda$ .

На рисунке 3.3 представлена передняя поверхность  $\Pi$  инструмента при переднем угле  $\gamma=0$ , а также  $\lambda=0$  с соответствующей системой координат, привязанной к ней: ось  $N$  – нормальная к режущей кромке в точке приложения силы резания, ось  $T$  – касательная к режущей кромке и ось  $Z$  – нормальная к ней и совпадает с направлением вертикальной оси на рисунке 3.1.

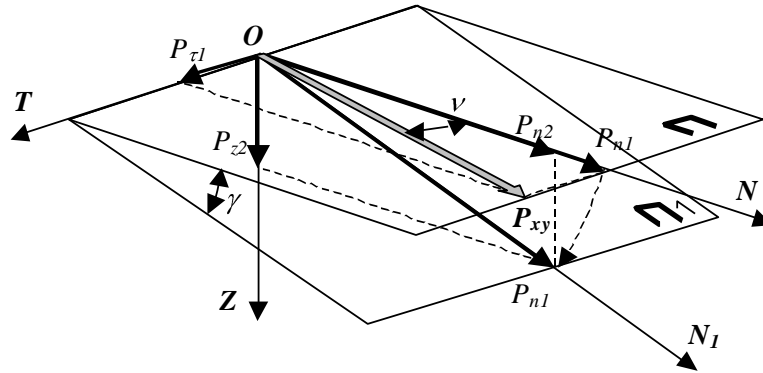


Рисунок 3.3 – Разложение горизонтальной составляющей.

Горизонтальная составляющая  $P_{xy}$  силы резания может быть разложена по осям  $N$  и  $T$ :

$$P_{n1} = P_{xy} \cos \nu; \quad P_{\tau1} = P_{xy} \sin \nu, \quad (3.8)$$

где  $\nu$  - угол схода стружки.

При наличии переднего угла ( $\gamma \neq 0$ ) передняя поверхность занимает, например, положение  $\Pi_1$  на рисунке 3.3, поворачиваясь на угол вокруг оси  $T$ . Составляющая  $P_I$  разложения (3.8) не изменяется, а составляющая  $P_{n1}$  поворачивается, чем вызывает изменение составляющей по оси  $N$  в горизонтальной плоскости, а также появление вертикальной составляющей  $P_{z2}$ . Таким образом, в случае, когда  $\gamma \neq 0$  и  $\lambda = 0$ , из геометрических соотношений (рисунок 3.3) получаем:

$$P_{n2} = P_{n1} \cos \gamma; \quad P_{\tau2} = P_{\tau1}; \quad P_{z2} = P_{n1} \sin \gamma. \quad (3.9)$$

Если все углы отличны от нуля ( $\gamma \neq 0$  и  $\lambda \neq 0$ ), то перераспределение составляющих вектора  $P_{xy}$  изменяется (рисунок 3.4). В этом случае считаем, что

передняя поверхность  $\Pi$  на рисунке 3.4 вместе с расположенными в ней векторами  $P_{n2}, P_2, P_{z2}$  составляющих силы резания поворачивается вокруг оси  $N$  на угол наклона главной режущей кромки.

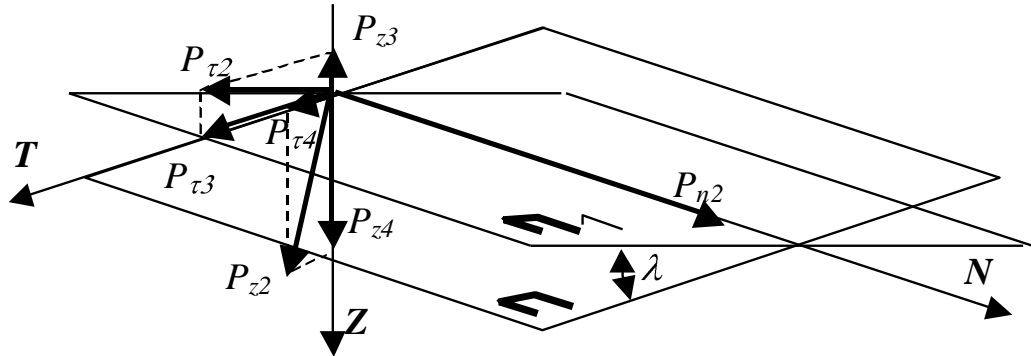


Рисунок 3.4 – Разложение горизонтальной составляющей силы резания при  $\gamma \neq 0$  и  $\lambda \neq 0$

Из геометрических соотношений (рисунок 3.4) могут быть получены следующие зависимости:

$$\begin{aligned}
 P_{n3} &= P_{n2}; & P_{\tau3} &= P_{\tau2} \cos \lambda; & P_{\tau4} &= P_{z2} \sin \lambda; \\
 P_{z3} &= P_{\tau2} \sin \lambda; & P_{z4} &= P_{z2} \cos \lambda.
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

После подстановки зависимости (3.8) в (3.9) и потом в (3.10), с учетом направления векторов составляющих на рисунке 3.4, окончательно можно получить пригодные для моделирования формулы определения разложения составляющей  $P_{xy}$  в представленной системе координат  $NTZ$ :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_{xy} \cos \nu \cos \gamma; \\
 P_\tau &= P_{xy} (\sin \nu \cos \lambda + \cos \nu \sin \gamma \sin \lambda); \\
 P_{zz} &= P_{xy} (\cos \nu \sin \gamma \cos \lambda - \sin \nu \sin \lambda);
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$



Полученные зависимости должны удовлетворять общей формуле разложения вектора на составляющие:

$$P_{xy}^2 = P_n^2 + P_\tau^2 + P_{zz}^2.$$

Действительно, при подстановке в такую формулу выражений (3.11) составляющих и несложных алгебраических преобразований можно получить тождественное выражение, что подтверждает верность полученных зависимостей.

Для определения составляющих силы резания воспользуемся схемой на рисунке 3.5, где показаны выше найденные векторы составляющих  $P_n$ ,  $P$  и  $P_{zz}$ . Из рисунка 3.5 следует, что составляющая  $P_{zz}$ , которая возникает по причине наличия переднего угла и угла наклона режущей кромки, будет влиять на составляющую  $P_z$  разложения силы резания. Поэтому целесообразно, учитывая общепринятые обозначения в зависимости (3.1), обозначить такую суммарную составляющую как  $(P_z)_0$ . Поскольку составляющие в горизонтальной плоскости связаны между собой главным углом  $\varphi$  в плане, то из геометрических соотношений (рисунок 3.5) можно установить следующие зависимости:

$$\begin{aligned} (P_z)_0 &= P_z + P_{zz}; \\ P_y &= P_\tau \sin \varphi + P_n \cos \varphi; \\ P_x &= P_n \sin \varphi - P_\tau \cos \varphi. \end{aligned} \tag{3.12}$$

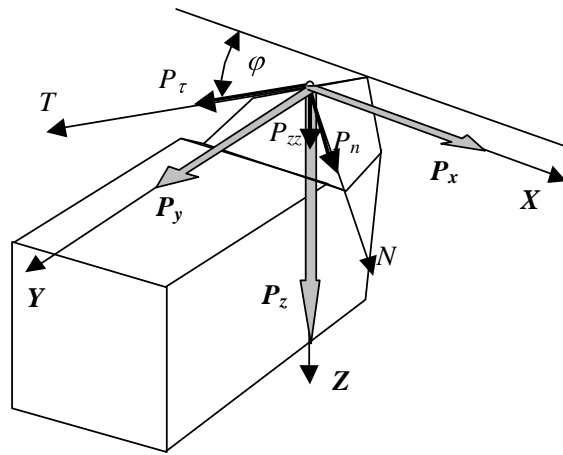


Рисунок 3.5 – Схема разложения составляющих силы резания для продольной токарной обработки

Таким образом, математическая модель определения составляющих силы резания по осям координат XYZ (рисунок 3.1), с учетом зависимостей (3.1), (3.2), (3.7), (3.11) и (3.12) имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_z = C_{P_z} H^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} V^{n_{P_z}} k; \\ P_{xy} = 0,6 P_z; \\ \nu = \arctg \left( \frac{S_{o\sigma} \sin(\varphi + \varphi_1) \sin^2 \varphi}{H \sin(\varphi + \varphi_1) + S_{o\sigma} \cos(\varphi + \varphi_1) \sin^2 \varphi} \right); \\ (P_z)_0 = P_z + P_{xy} (\cos \nu \sin \gamma \cos \lambda - \sin \nu \sin \lambda); \\ P_y = P_{xy} (\sin \nu \cos \lambda \sin \varphi + \cos \nu \sin \gamma \sin \lambda \sin \varphi + \cos \nu \cos \gamma \cos \varphi); \\ P_x = P_{xy} (\cos \nu \cos \gamma \sin \varphi - \sin \nu \cos \lambda \cos \varphi - \cos \nu \sin \gamma \sin \lambda \cos \varphi); \end{array} \right. \quad (3.13)$$

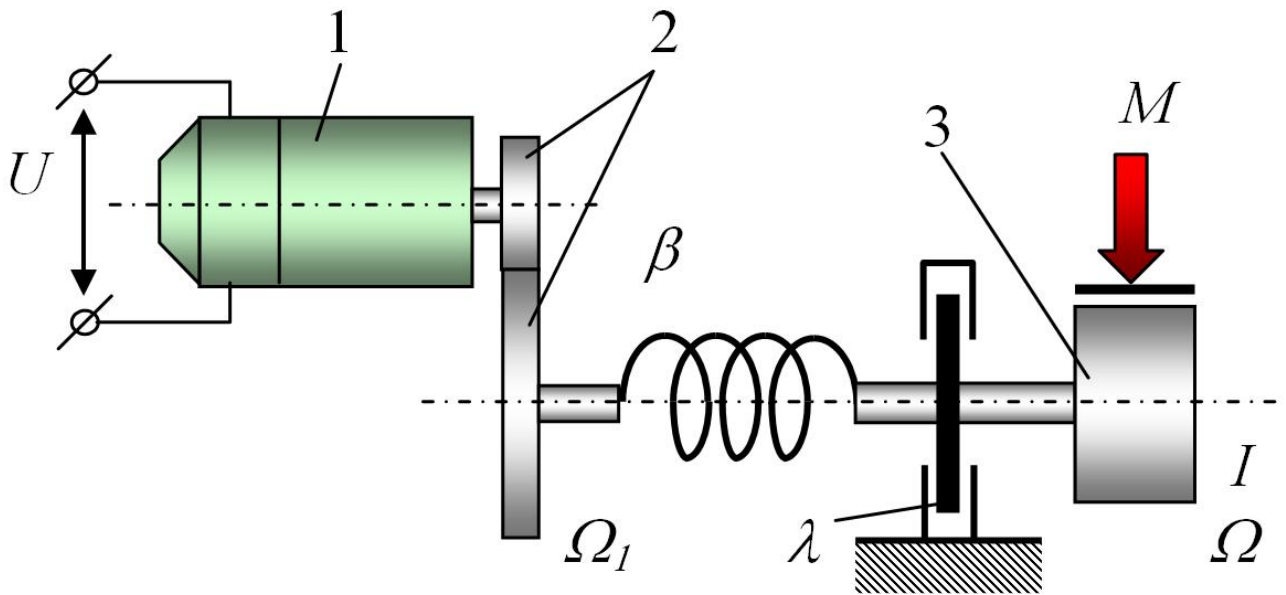


Рисунок 3.6 – Функциональная схема САУ

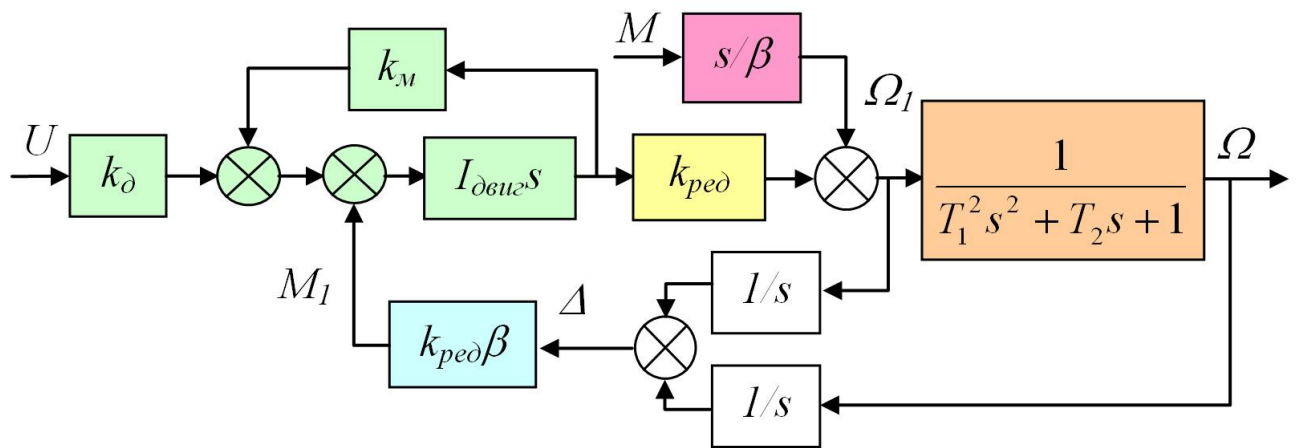


Рисунок 3.7 – Структурная схема САУ.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта.

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

Тема ВКР: «Технологический процесс изготовления муфты механизма аварийного торможения суппорта»

Анализ был проведен в соответствии с известной методикой.

### 4.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «муфта механизма аварийного торможения суппорта».

### 4.2 Планировка рассматриваемого участка

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

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

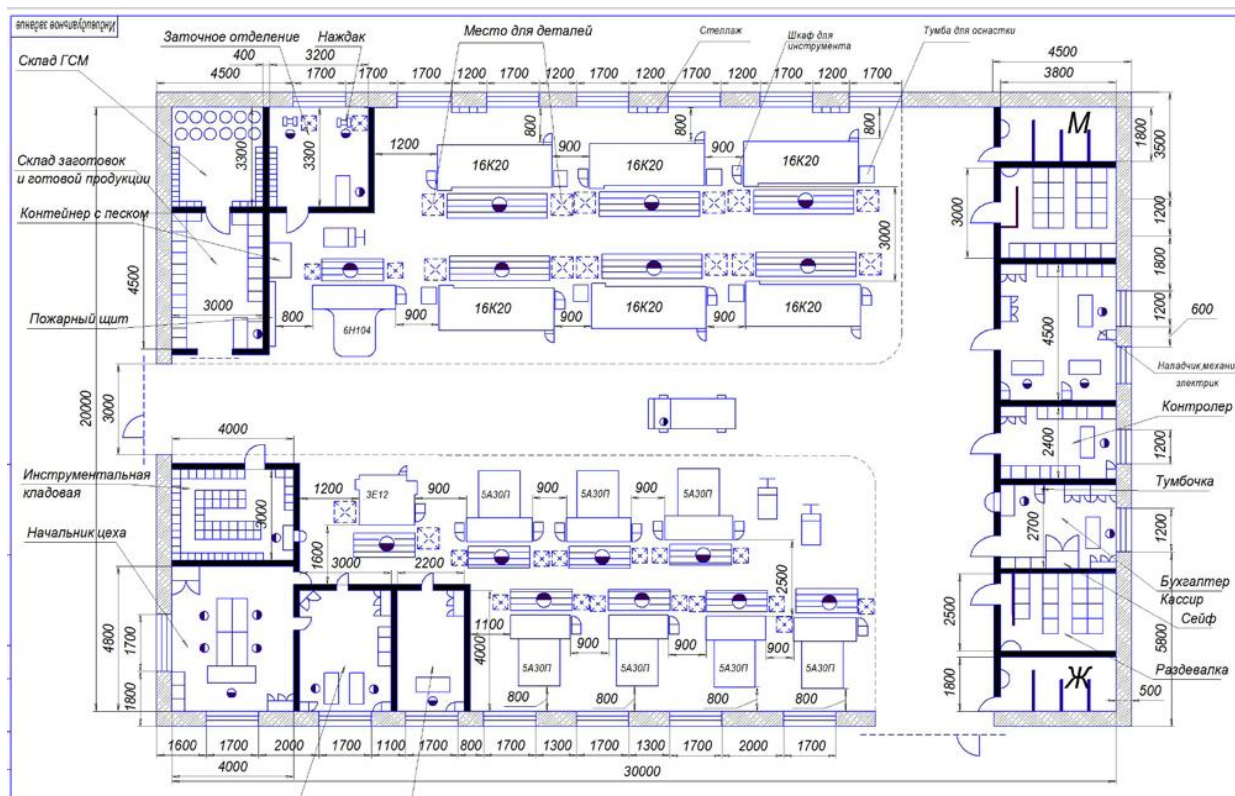


Рисунок 4.1 – План участка

### 4.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт.
1	Токарно-винторезный 16К20	3
2	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3	3
3	Протяжной 7Б65	1
Итого:		7

Таблица 4.2 – Технологический маршрут обработки детали «Муфта механизма аварийного торможения суппорта»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Механический	010	Токарная	Токарно-винторезный 16К20	Точение, сверление
Механический	020	Токарная	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3	Точение
Механический	030	Токарная	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3	Точение
Механический	040	Протяжная	Протяжной 7Б65	Протягивание
Механический	050	Токарная	Токарно-винторезный 16К20	Резьбонарезание
Механический	050	Токарная	Токарно-винторезный 16К20	Резьбонарезание
Механический	030	Токарная	Токарный с ЧПУ 16А20Ф3	Точение

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

#### 4.2 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 4.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение	1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования	1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки [4]. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования [3]. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор [2].

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

## 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.

В рамках данной бакалаврской работы разрабатывается технологический процесс изготовления муфты механизма аварийного торможения суппорта, подробное описание которого представлено в предыдущих разделах. Также в предыдущих разделах описаны условия совершенствования операции 020 токарной, в результате которых удалось достичь сокращения ее трудоемкости.

Для выполнения этой операции используется токарный станок с ЧПУ, модель 16A20Ф3. В качестве оснастки применяется 3-х кулачковый патрон. Для выполнения всех закрепленных за данной операцией процессов применяется набор инструментов, в который входят: резец для точения по контуру, специальный расточной резец ВК8 и Т30К4, а также канавочные резцы.

Результатом предложенного совершенствования операции 020, как говорилось выше, стало снижение трудоемкости ее выполнения на 21,8%, т.е. трудоемкость снизилась с 1,24 до 0,97 минут.

На диаграмме (рисунок 5.1) представлены основные изменения параметров, участвующих в формировании технологической себестоимости, и которые наглядно показывают, на сколько, изменятся эти величины.

Для определения каждой величины, указанной на рисунке 5.1, использовалась методика расчета элементов технологической себестоимости и пакет программного обеспечения Microsoft Excel.



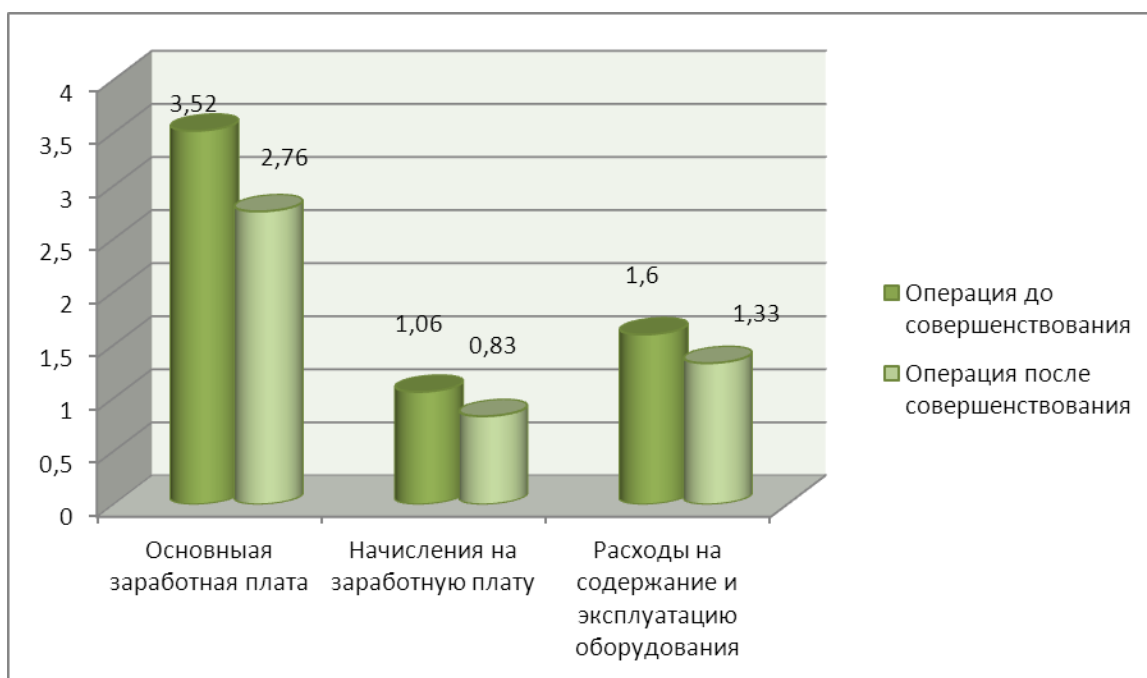


Рисунок 5.1 – Изменение величин параметров, входящих в технологическую себестоимость, руб.

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

Из рисунка 5.1 видно, что наибольшее влияние на технологическую себестоимость оказывают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Но благодаря предложенному совершенствованию эти затраты удалось сократить, совокупное снижение составляет 1,27 руб., а с учетом программы выпуска ожидаемая экономия сожжет составить 31,75 тыс. руб., что уже не кажется такой не значительной величиной.

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

составит 14,98 руб., а до совершенствования она составляла – 19,06 руб., т.е. совершенствование позволило сократить полную себестоимость на 4,08 руб., что составляет 21,41%.

Далее проанализируем изменения, связанные с общими капитальными затратами до и после совершенствования операции 020 токарной. На диаграмме (рисунок 5.2) представлены величины основных затрат по сравниваемым вариантам операции 020.

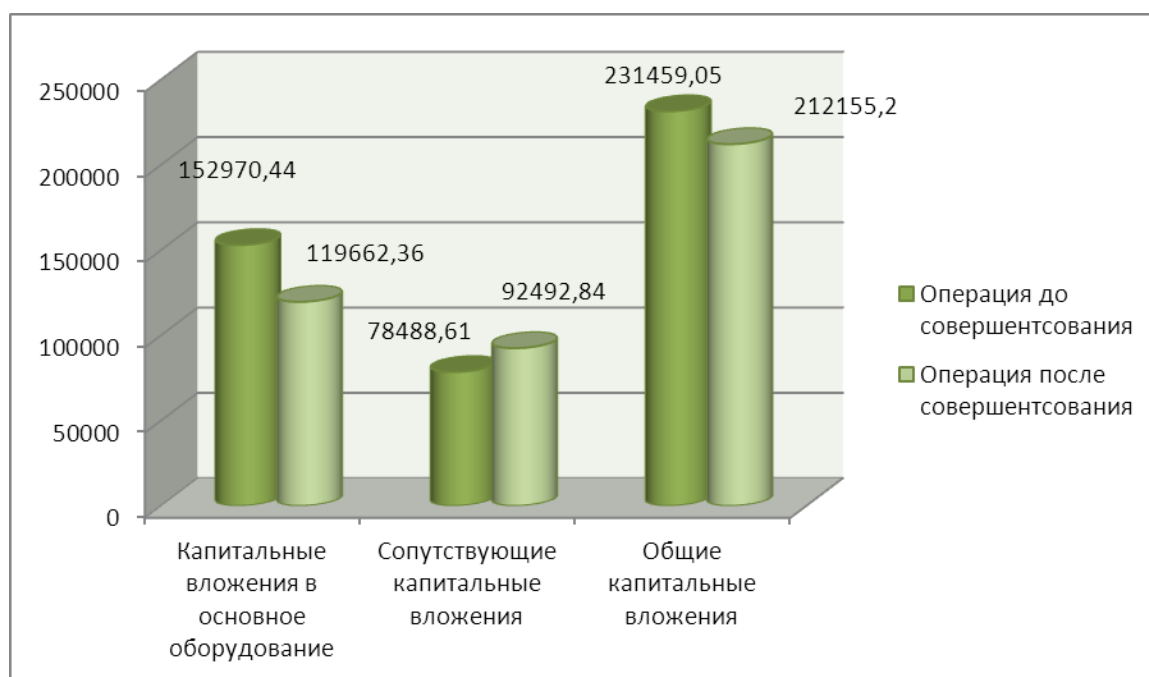


Рисунок 5.2 – Динамика изменения элементов общих капитальных затрат в операцию 020 токарную, руб.

Анализируя, представленные на диаграмме (рисунок 5.2), статьи капитальных затрат, можно заметить, что сопутствующие капитальные вложения в проектируемый вариант операции 020 возрастают, в то время как остальные затраты уменьшаются. Это связано с тем, что данная величина учитывает такие затраты как затраты на проектирование, которых уже нет в базовом варианте, поэтому они увеличивают конечный результат этого

значения. Но не смотря на это, общие капитальные затраты снижаются, т.к. по остальным параметрам затраты имеют тенденция к снижению, поэтому они перекрывают затраты на проектирование. Это говорит о положительном влиянии предлагаемых совершенствований.

Для подтверждения положительного влияния в результате совершенствования дополнительно проведем расчет экономической эффективности работы. Для этого также будет использоваться пакет программного обеспечения Microsoft Excel и специальная методика расчета по экономическому обоснованию целесообразности внедрения предлагаемых мероприятий.

В результате проведенных расчетов был получен положительный результат чистого дисконтированного дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 4464,52 руб., а прибыль на каждый вложенный рубль (индекс доходности) составила 1,12 руб./руб. Представленные значения позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности внедрения предложенных совершенствований по технологическому процессу производства муфты механизма аварийного торможения суппорта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы проведено исследование силовых характеристик при токарной обработке. Оно имеет в своей основе одну, наиболее адекватную, эмпирическую зависимость составляющей  $P_z$  силы резания, а другие составляющие определяются как составляющие разложения вектора главной силы резания в выбранной системе координат. Благодаря такому подходу удалось исключить последующие эмпирические зависимости и в то же время сохранить в математической модели влияние всех необходимых параметров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

- 11.Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.
- 12.Зуев, А.А. Технология машиностроения. – 6-е издание, исправленное и дополненное – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 496 с.
- 13.Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
- 14.Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
- 15.Ильенков, А.И. Технология машиностроения: Учебное пособие. / А.И. Ильенков, В.Ю. Новиков. – М.: Издательский центр «Академии», 2017. – 432 с.
- 16.Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
- 17.Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М.: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
- 18.Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов и др. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 387 с.
- 19.Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – 2-е издание, исправленное. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 320 с.
- 20.Колокатов, А.М. Шлифование абразивным и алмазным инструментом: Учебное пособие. / А.М. Колокатов, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 76 с.
- 21.Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2012. – 400 с.
- 22.Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие. / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2005. – 304 с.

23. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин: Учебник для студентов вузов. / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
24. Маталин, А.А. Технология машиностроения: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
25. Некрасов, С.С. Технология машиностроения. / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М.: Колос, 2005. – 360 с.
26. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: Учебное пособие. / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
27. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 330 с.
28. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: Учебник. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
29. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта.





А	Цех	Уч.	Рм	Спер.	Код, наименование операции	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клт.	Тлв.	Тшт.
A22				40	Протыкающая												
B23					Протяжной Т565	1	16458		22	1P	1	1	1	200	1		
O24	Протянуть по шлице 19,20,21,22,23,24 в размеры указанных на черт еже 00. М15.020. 16.003																
T25	Специальный опорный фланец; 392302 Прот яжка шлицея ая																
T26	393120 Калибр шлицевой																
A27				50	4110 Резьбонарезная												
B28					Токарно-винт орезный 16К20	1	18217		22	1P	1	1	1	200	1		
O29	На пов.12 нарезать резьбу М42х1.5 лев.																
T30	396110 Пат рон цапевоый; Резец сборный для нарезания резьбы ГОСТ22207-76; 393120 Калибр-пробка																
A31				60	4110 Резьбонарезная												
B32					Токарно-винт орезный 16К20	1	18217		22	1P	1	1	1	200	1		
O33	На пов.13 нарезать резьбу М42х1.5																
T34	396110 Пат рон цапевоый; Резец сборный для нарезания резьбы ГОСТ22207-76; 393120 Калибр-пробка																
B35				70	4110 Токарная												
O36	Токарный с ЦПУ 16К20Ф3																
O37	Точить в пов. 7,8,11 в размеры > 48 ±0.100; > 48 ±0.100; > 35 ±0.100. Прот окит пов. 9,10 по углом 12 градусов. Ост рые углы скруглить R=2.5																
T38	396110 Пат рон треккуланковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резцы для кону рноз а точения ГОСТ 1887&73 правый и левый																
A39				80	5140 Термическая	1	18873		22	1P	1	1	1	200	1		
O40	Улучшение до HB 200....220.																
МК																	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
Операционные карты.





Дубл.																						
Взам.																						
Подп.																						
Разраб.	Тимашев А.А.																					
Проверил	Гуляев В.А.																					
Утв.	Логинов Н.Ю.																					
Н. Контр.	Вилкалов В.Т.																					
Наименование операции	40 Протяжная	ТГУ		Муфта		МД	Профиль размеры	МЗ	КОИД													
		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль размеры	МЗ	КОИД														
		Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71	НВ 190+10		1,128	→ R x 138	2,094	1														
Оборудование, устройство ЧПУ	Протяжной 7Б65	Обозначение программы	To	Tn	Тпз	Тшт	СОЖ															
			0.16	0.85		1.01																
P		ТИ	Д или В	t	i	S	V	TOSH														
O01	1. Установить заготовку																					
T02	396110 Патрон специальный , 392430 Протяжка шлицевая специальная P6M5																					
O03	2. Протянуть шлицы выверженная размеры 1-4																					
P04		1																			5	0.16
O05	3. Снять заготовку и проконтролировать размеры 1-4																					
T06	393120 Калибр пробка шлицевой																					