

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ  
ФАКУЛЬТЕТ “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

КАФЕДРА “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Декан факультета «Технология  
машиностроения»  
Л.Олимов

«\_\_»\_\_\_\_ 2016 г.

**«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»**

Заведующий кафедрой  
«Технология машиностроения»  
Х. Акбаров

«\_\_»\_\_\_\_ 2016 г.

Студент направления “Технология машиностроения, оборудования и  
автоматизация машиностроительного производства”

Юсупов Носиржон Анваржон ўғли

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

**Разработка технологического процесса и средств технологического  
оснащения операции изготовления детали “Гайка” в условиях СП  
“Ханву инжиниринг”**

**Руководитель:**

Ш.Фазиматов

**Андижан-2016 г.**

АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

КАФЕДРА “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

**Тема дипломного проекта:** Разработка технологического процесса и средств технологического оснащения операции изготовления детали “Гайка” в условиях СП “Ханву инжиниринг”.

**Направление:** Технология машиностроения, оборудование и автоматизация машиностроительного производства.

Студент 4-курса группы 022-12:	Н.Юсупов
Декан факультета:	Л.Олимов
Заведующий кафедрой:	Х.Акбаров
Руководитель:	Б.Файзиматов
Консультанты:	
Технологическая часть:	Ш.Файзиматов
Конструкторская часть:	Ш.Файзиматов
Безопасность жизнедеятельности:	А.Рахимов
Экономическая часть:	Г.Саттикулова

# АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

## ФАКУЛЬТЕТ “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

### КАФЕДРА “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ”

#### ЗАДАНИЕ

#### НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**Студент:** Юсупов Носиржон Анваржон ўғли

**1. Тема дипломного проекта:** Разработка технологического процесса и средств технологического оснащения операции изготовления детали “Гайка” в условиях СП “Ханву инжиниринг”.

Утверждена приказом ректора № 229 от 25 декабря 2015 года.

**2. Данные для выполнения дипломного проекта:**

Указы, постановления и труды Президента Республики Узбекистан, Постановления Кабинета Министров Р Уз, научно-техническая литература, данные сети интернет, рабочий чертеж детали, объём выпуска.

**3. Содержание пояснительной записки:**

**1) Введение.** Приводятся данные о роли машиностроительной промышленности в развитии экономики Республики Узбекистан, цели и задачи дипломного проекта.

**2) Общая часть.** Описание и назначение детали, определение типа производства и др.

**3) Технологическая часть.** Выбор типа получения заготовки, разработка маршрута технологического процесса, анализ технологичности конструкции детали, расчёт режимов резания и норм времени.

**4) Конструкторская часть.** Описание и расчёт станочного приспособления, режущего инструментов и средств измерений.

**5) Часть безопасности жизнедеятельности.** Описание условий труда проектируемых рабочих мест, выбор метода освещения и вентиляции на производстве, разработка мер электро и пожаробезопасности, вопросы обеспечения безопасности труда.

**6) Экономическая часть.** Расчёт экономической эффективности технологического процесса.

**7) Заключение.** Приводятся выводы по проектным решениям и даются предложения по совершенствованию технологического процесса.

**8) Список использованной литературы.** Приводится список литературы, использованной при выполнении дипломного проекта.

**9) Приложения.** Спецификации и технологическая документация.

**4. Содержание графической части:**

1. Чертеж детали
2. Чертеж заготовки.
3. Карты наладок.
4. Чертеж станочного приспособления.
5. Чертеж режущего инструмента.
6. Чертеж средства измерения или план участка.

**5.Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:**

№	Разделы выпускной квалификационной работы	Начало	Дата окончания	подпись	Ф.И.О. консультантов
1	Технологическая часть	25.03.16	20.04.16		Ш.Файзиматов
2	Конструкторская часть	25.04.16	20.05.16		Ш.Файзиматов
3	Часть безопасности жизнедеятельности	20.05.16	25.05.16		А.Рахимов
4	Экономическая часть	25.05.16	30.05.16		Г.Саттикулова

**6. Дата получения задания :** 11.01.2016 г.

**7. Дата сдачи дипломного проекта:** 10.06.2016 г.

**Руководитель дипломного проекта:**

Ш.Файзиматов

\_\_\_\_\_  
(подпись)

**Задание принято:**

Н.Юсупов

\_\_\_\_\_  
(подпись)

**Заведующий кафедрой:**

Х.Акбаров

\_\_\_\_\_  
(подпись)

## **Введение**

Научно-технический прогресс в машиностроении в значительной степени определяет развитие и совершенствование всего народного хозяйства страны. Президент Ислам Каримов выступил на открытии конференции о наследии ученых средневекового Востока в Самарканде: «С этой точки зрения особо хочу подчеркнуть, что не может быть никакого развития науки, если нет стабильности. И академии появляются, и вузы, и, самое главное, образование, и интерес ко всему этому, люди хотят расти и развиваться. Только тогда, когда вокруг спокойствие, когда стабильность, тогда люди ложатся спать и не боятся, какие проблемы и какие катаклизмы их могут ожидать завтра. Это — истина, правота которой доказана в течение многих-многих веков. Я убежден, что вы меня в этом вопросе прекрасно понимаете» [1].

Совершенствование технологических методов изготовления машин имеет при этом первостепенное значение. Качество машины, надежность, долговечность и экономичность эксплуатации зависят не только от совершенства ее конструкции, но и от технологии производства. Применения прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхностей деталей машины, методов упрочнения рабочих поверхностей, повышающих ресурс работы деталей и машины в целом, эффективное использование современных автоматических и поточных линий, станков с программным управлением, электронных и вычислительных машин и другой новой техники, применение прогрессивных форм организации и экономики производственных процессов – все это направлено на решение главных задач: повышения эффективности производства и качества продукции. Важнейшими условиями ускорения научно-технического прогресса являются рост производительности труда, повышение эффективности общественного производства и улучшение качества продукции. Как отметил Президент Республики Узбекистан Ислам Каримов на шестом заседании Азиатского форума солнечной энергии:

«Достаточно отметить, что, несмотря на негативное воздействие мирового финансово-экономического кризиса, валовой внутренний продукт Узбекистана за последние шесть лет растет ежегодными темпами более 8 процентов. За 2000-2013 годы он возрос в 3,8 раза, а валовой продукт на душу населения – в 3,2 раза. По оценкам международных финансовых институтов, такие же высокие темпы роста экономики Узбекистана сохранятся в ближайшей перспективе» [2].

Однако нужно учесть, что современная машиностроительная промышленность до 70% своей продукции выпускает в условиях единичного и серийного производств, которые характеризуются существенными затратами рабочего времени на выполнение вспомогательных операций и переходов. Для этих типов производств основное время, связанное с непосредственным изменением формы, размеров и физико-механических свойств заготовок, в общей структуре норм времени на выполнение технологических операций составляет 20-30%, а все остальные затраты приходятся на вспомогательные работы.

Эффективным направлением сокращения вспомогательного времени для рассматриваемых типов производства также является механизация и автоматизация производственных процессов, но использование автоматов, полуавтоматов и автоматических линий неприемлемо по причине высокой стоимости самого оборудования, технологической оснастки к нему, а также из-за длительности и большой трудоемкости переналадок при переходе от выпуска одного вида продукции к другому. В конечном счете, все эти затраты переносятся на себестоимость изделий, которая при малой серийности производства становится необоснованно большой.

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Служебное назначение детали

Деталь гайка служит для ограничения осевого перемещения болта, расположенного на подшипниках в изделии (машине), за счет создания определенного натяга или гарантированного осевого зазора между торцом наружного кольца подшипника и торцом гайка. Гайка, кроме того, используются для плотного закрытия различных отверстий и пространств с целью их изоляции от окружающей среды. Деталь выполняется из чугуна СЧ15 ГОСТ 1412-85.

Гайка представляет собой деталь в форме тела вращения с габаритными размерами 22\*240. Деталь имеет пазы.

Поверхности детали выполняется по 14 качеству. После обработки деталь подвергают контролю.

#### Характеристики материала детали

Химический состав стали 35 для отливки должен соответствовать требованиям, указанным в таблицах.

Таблица 1.1

Химический состав стали 35 по ГОСТ 1050 - 88

C, %	Mn, %	Si, %	C <sub>г</sub> , % не более	S, %	P, %
				не более	
0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,035	0,035

Таблица 1.2

Механические свойства стали 35 по ГОСТ 1050 - 88

$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	НВ не более	
не менее				горячекатан.	отожженной
355	600	6	30	229	197

### 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

*Технологичность* - комплекс требований и показателей, характеризующие технологическую рациональность конструктивных решений в зависимости от вида изделий и стадии разработки конструкторской документации.

Размеры детали соответствуют нормальному ряду чисел, допустимые отклонения размеров соответствуют ГОСТ 25347-82.

Деталь жесткая, имеет поверхности, удовлетворяющие требованиям достаточной точности установки. Простановка размеров технологична, так как их легко можно измерить на обрабатывающих и контрольных операциях.

При изготовлении детали используют нормализованные и специализированные измерительные и режущие инструменты.

Конструкция детали технологична по следующим параметрам:

- конструкция детали состоит из стандартных и унифицированных конструктивных элементов;
- деталь изготавливается из стандартной заготовки (круг);
- размеры и поверхности детали имеют соответственно оптимальные точность и шероховатость;
- физико-химические и механические свойства материала, форма и размеры соответствуют требованиям технологии изготовления;
- конструкция детали обеспечивает возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления.

### **1.3. Определение типа производства**

Характер технологического процесса в значительной мере зависит от типа производства деталей (единичного, серийного, массового). Это обусловлено тем, что в различных типах производств экономически целесообразно использование различного по степени универсальности, механизации и автоматизации оборудования, приспособлений, различного по сложности и универсальности режущего и измерительного инструмента. В зависимости от вида производства существенно изменяются и организационные структуры цеха: расстановка оборудования, системы обслуживания рабочих мест, номенклатура деталей и т.д.

Сведения перед разработкой технологического процесса отсутствуют. В этих условиях поступаю следующим образом. По табл.1 устанавливаю предварительно тип производства в зависимости от веса и количества деталей, подлежащих изготовлению в течение года.

Таблица №4.1. Выбор типа производства по программе выпуска

Тип производства	Количество обрабатываемых деталей (изделий) одного наименования и типоразмера в год		
	Мелкие (легкие)	Средние	Крупные (тяжелые)
Единичное	До 100	До 10	До 5
Мелкосерийное	101...500	11...200	6...100



Среднесерийное	<b>501...5000</b>	201...1000	101...300
Крупносерийное	5001...50 000	1001...5000	301...1000
Массовое	Свыше 50 000	Свыше 5000	Свыше 1000

Таким образом, определив предварительный тип производства, разрабатываю для него технологический процесс с нормированием операций.

При среднесерийном типе производства используется универсальное и специализированное оборудование, станки с ЧПУ и гибкие модули. В качестве оснастки используются сборно-разборные и специализированные наладочные приспособления.

В промышленности используются две основные формы организации производства: поточная и групповая. Первое используется в крупносерийном и массовом производстве. В нашем способе целесообразно применить групповую форму организации.

Группирование станочного оборудования и рабочих мест производится либо по видам технологической обработки изделий, либо по виду технологических процессов. При втором способе группировки специализированные участки создаются по конструкторско-технологическому признаку.

В нашем случае воспользуемся группированием станочного оборудования по видам обработки. Он заключается в формировании участков станков одного наименования.

В результате группировки получается восемь участков: 2 токарно-черновых с ЧПУ, 2 токарно-чистовых с ЧПУ, фрезерный, сверлильный, внутришлифовальный, круглошлифовальный.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Выбор метода получения заготовки

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются: форма детали, масса, материал, объём выпуска деталей. Окончательное решение о выборе метода принимается на основе технико-экономических расчётов.

Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность изготовления из неё детали при минимальной себестоимости, считается оптимальным. Основное требование предъявляемое к методу получения заготовки — наибольшее приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали. Чем меньше разница в размерах детали и заготовки, тем меньше трудоемкость последующей механообработки.

Т.к. отсутствуют сведения о методе получения заготовки по базовому варианту, деталь имеет правильную цилиндрическую форму, то очевидно, что в качестве заготовки принимаем прокат.

По ГОСТ 2590-88 «Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент» принимает прокат обычной точности «В» диаметром 234 мм с предельными отклонениями (+1; -0,5).

### 2.2. Расчёт припусков на обработку

Аналитически рассчитаем припуски на внутреннюю поверхность  $\varnothing 230h9_{-0,020}$  мм.

Технологический маршрут получения отверстия .

- 1) прокат;
- 2) точение черновое;
- 3) точение чистовое

Таблица 2.2. – Расчет припусков на механическую обработку внутренней поверхности  $\varnothing 203h7_{-0,046}$  мм.

Технологическ ие переходы обработки поверхности $\varnothing 203h7_{-0,046}$	Элементы припуска, мкм				$2Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер, мм	Допуск, $\delta$ мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм	
	$R_z$	$H$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$

Заготовка	150	250	928	0	-	234,700	6000	207,7	213,7	-	-
Черновое точение	50	50	55	440	2656	231,044	400	205,04	205,4	2,66	8,26
Чистовое точение	30	30	37	440	1087	230	120	203,96	204,1	1,09	1,37
Итого										4,746	10,700

Погрешность установки заготовки (патрон самоцентрирующий):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2},$$

где  $\varepsilon_B$  – погрешность базирования,  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления.

Погрешность базирования равна нулю, т.к. заготовка базируется по наружной поверхности в самоцентрирующем трехкулачковом патроне, т.е.  $\varepsilon_B = 0$  (с. 160 [4]);

Погрешность закрепления возникает в результате смещения обрабатываемой поверхности заготовки от действия зажимной силы. Так как мы в качестве зажимного приспособления используем трехкулачковый патрон с пневматическим приводом, обеспечивающим постоянство усилий зажима, то погрешность закрепления можно принять из [1, стр. 76]:  $\varepsilon_y = 440$  мкм.

Минимальный припуск определяется по формуле:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где  $Rz_{i-1}$  – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

$H_{i-1}$  – глубина дефектного слоя на предшествующем переходе;

$\rho_{i-1}$  – величина пространственных отклонений на предшествующем переходе;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на текущем переходе.

Для проката значение  $Rz = 150$  мкм,  $H = 250$  мкм [1, с. 63]. Для чистового точения  $Rz = 50$  мкм,  $H = 50$  мкм [1, стр. 65], для чистового точения  $Rz = 30$  мкм,  $H = 30$  мкм [1, стр. 65].

Величина пространственных отклонений для заготовки определяется по формуле:

$$\rho_k = \Delta k \cdot l;$$

где  $\Delta k = 8$  мкм/мм – удельная кривизна заготовки;

$l = 24$  мм – длина заготовки;

$$\rho_k = 8 \cdot 116 = 928 \text{ мкм};$$

Величина пространственных отклонений после чистового точения и шлифования:

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho_k, [1, \text{стр. 73}]$$

где  $k_y$  – коэффициент уточнения формы [1, стр. 73];

$$\rho_{черн.точ.} = 0,06 \cdot 928 \approx 55 \text{ мкм}$$

$$\rho_{чист.точ.} = 0,04 \cdot 928 \approx 37 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под черновое точение:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot (150 + 250 + 928) = 2656 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под чистовое точение:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{55 + 440}) = 1087 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под шлифование:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot (30 + 30 + \sqrt{37^2 + 440^2}) = 2 \cdot 463 = 1003 \text{ мкм;}$$

Допуски:

- на заготовку  $\delta_{заг} = 0,8 \text{ мм} = 6000 \text{ мкм}$  (ГОСТ 2590-88);
- на черновое точение  $\delta_{черн.точ.} = 400 \text{ мкм;}$
- на чистовое точение  $\delta_{чист.точ.} = 120 \text{ мкм;}$
- на шлифование (по чертежу)  $\delta_{шлиф.} = 46 \text{ мкм;}$

Определим расчетные размеры путем прибавлением расчетного минимального припуска:

$$d_{p(черн.точ.)} = 234,954 + 1,003 = 235,957 \text{ мм;}$$

$$d_{p(чист.точ.)} = 230,957 + 1,087 = 231,044 \text{ мм;}$$

$$d_{(загот)} = 232,044 + 2,656 = 234,700 \text{ мм.}$$

Запишем наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Предельные наибольшие размеры рассчитаем путем прибавления к наименьшим предельным размерам допусков соответствующих переходов.

Предельные размеры:

$$d_{\min(черн.точ.)} = 231,96 \text{ мм;}$$

$$d_{\max(чист.точ.)} = 230,96 + 0,12 = 231,1 \text{ мм;}$$

$$d_{\min(чист.точ.)} = 230,04 \text{ мм;}$$

$$d_{\max(чист.точ.)} = 230,04 + 0,4 = 230,8 \text{ мм;}$$

$$d_{\min(загот.)} = 234,7 \text{ мм;}$$

Рассчитаем предельные значения припусков  $Z_{\max}$  как разность наименьших предельных размеров и  $Z_{\min}$  как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$2 \cdot z_{\min \text{ чист.точ.}}^{np} = 231,04 - 230,96 = 1,09 \text{ мм};$$

$$2 \cdot z_{\max \text{ чист.точ.}}^{np} = 231,4 - 230,1 = 1,37 \text{ мм};$$

$$2 \cdot z_{\min \text{ черн.точ.}}^{np} = 234,7 - 231,04 = 2,66 \text{ мм};$$

Проверка правильности расчетов:

$$\begin{aligned} 2Z_{\max 0} - 2Z_{\min 0} &= \delta_3 - \delta_d, \\ 10700 - 4746 &= 6000 - 46 \\ 5954 &= 5954 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Расчеты выполнены верно.

Общий номинальный припуск:

$$2Z_{\text{НОМ}} = 2Z_{\min 0} + \frac{Td_0}{2} - Td_0 = 4,746 + \frac{6}{2} - 0,046 = 7,7 \text{ мм.}$$

Номинальный диаметр заготовки:

$$d_{\text{НОМ}} = d_{\text{НОМ } \phi} + 2Z_{\text{НОМ}} = 203 + 7,7 = 210,7 \text{ мм.}$$

### 2.3. Разработка технологического маршрута обработки детали

Исходными данными для проектирования технологического маршрута обработки детали являются: рабочий чертеж детали и производственная программа.

При этом предлагается придерживаться следующих рекомендаций:

1. В зависимости от шероховатости, точности и специальных требований чертежа детали назначают окончательные методы обработки.
2. Назначают методы предшествующей обработки поверхностей, т.е. определяют этапы: черновой, чистовой и отделочный.
3. При наличии операций термической обработки и гальванопокрытий определяют их место в технологическом процессе изготовления детали.
4. Устанавливают поверхности детали, подлежащие обработке на каждой операции, т.е. формируется примерное их содержание.

План обработки см. на чертеже ТМ.2010.31401.26.КП

Перечислим последовательность технологических операций получения детали:

Таблица 2.1. Маршрутный техпроцесс изготовления крышки

№ операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологические базы
005	Абразивно-отрезная 1. Отрезать прутки в размер 234X24 мм	МФ-332		Наружная поверхность

010	Токарная с ЧПУ 1 Черновое точение поверхностей торец А. выдержит 22 мм 2 Черновое точение поверхностей Б Ø234 мм.	16K20Ф3	Резец проходной упорный 20х20, Т15К10; Резец проходной упорный 20х20, Т15К6;	Наружная поверхнос ть и торец
015	Токарная с ЧПУ 1 Черновое точение поверхностей С выдержит 20 мм 2 Чистовый точение поверхностей торец Б Ø230 мм. 3 Расточит поверхностей Д Ø149 мм.	16K20Ф3	Резец проходной упорный 20х20, Т15К6; резец расточной, Т15К6	Наружная поверхнос ть и торец
020	Вертикально-сверлильная Установка А 1. Сверлить отверстие Ø10 мм длина 20 мм 2. Зенковка отверстие Ø10 мм видержит Ø20 длина 10 мм Установка Б 3. Зенковка отверстие Ø10 мм видержит Ø20 длина 5 мм	2Н135	Сверло Ø10, Зенковка Ø20	Наружная поверхнос ть и торец
025	Фрезерный 1 Фрезероват поверхностями Б	6Т12	Зенкер	Наружная поверхнос ть и торец
030	Токарная с ЧПУ 1 Нарезать резьбу поверхностей Д М155х3 мм.	16K20Ф3	Резец	Наружная поверхнос ть и торец

## 2.5. Расчёт режимов резания

Рассчитаем режимы резания на две операции аналитическим методом.

Операция 010 Токарная с ЧПУ.

1 Черновое точение поверхностей торца А. выдержит 22 мм

Станок – токарный с ЧПУ модели 16K20Ф3. Мощность привода главного движения  $N = 10$  кВт.

Глубину резания – 1 мм.

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Резец проходной:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ , радиус при вершине резца  $r = 0,5$  мм. Материал режущей части резца – твердый сплав Т15К6.

Сечение державки резца 25×40 мм.

Назначим подачу.

Табличная подача при черновом точении  $S_t = 0,63$  мм/об.

Рассчитаем подачу с учетом твердости обрабатываемого материала:

$$S = S_t \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{sd} \cdot K_{sp} \cdot K_{сф} \cdot K_{см},$$

где  $K_{си}$  – поправочный коэффициент на инструментальный материал;

$K_{сп}$  – поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки;

$K_{sd}$  – поправочный коэффициент на диаметр обработки;

$K_{sp}$  – поправочный коэффициент на тип конструкции резца;

$K_{сф}$  – поправочный коэффициент на геометрию резца;

$K_{см}$  – поправочный коэффициент на механические свойства обрабатываемого материала;

$$S_o = 0,63 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка принимаем подачу  $S_o = 0,41$  мм/об (регулирование бесступенчатое).

Рассчитаем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – постоянная в формуле скорости резания,  $C_v = 350$ ;

$m, x, y$  – показатели степени,  $m = 0,2$  ;  $x = 0,15$  ;  $y = 0,35$ ;

$T$  – период стойкости резца,  $T = 45$  мин – среднее значение при одноинструментальной обработке;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{ф_v},$$

где  $K_{m_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала,

$K_{n_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от состояния поверхности заготовки,  $K_{n_v} = 0,9$ .

$Ku_v$  – поправочный коэффициент, зависящий от марки материала резца,  $Ku_v = 1$ .

$K\varphi_v$  – поправочный коэффициент, зависящий от угла в плане  $\varphi$   $K\varphi_v = 0,8$ .

$$K_{M_v} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости,  $K_{\Gamma} = 0,8$ ;

$n$  – показатель степени,  $n = 1$ .

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72.$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,41^{0,35}} \cdot 0,72 = 151,3 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 151,3}{\pi \cdot 234} = 237,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n = 237 \text{ мин}^{-1}$  (регулирование бесступенчатое).

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 234 \cdot 237}{1000} = 151,01 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем силу резания  $P_z$ :

$$P_z(y, x) = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная в формуле силы резания,  $C_p = 300$ .

$n, x, y$  – показатели степени,  $x=1$  ;  $y=0,75$  ;  $n=-0,1$ ;

$K_p$  – поправочный коэффициент на силу резания:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K\varphi_p \cdot K\gamma_p \cdot K\lambda_p,$$

где  $K_{M_p}$  – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K\varphi_p$  – поправочный коэффициент на угол в плане  $\varphi$ ,  $K\varphi_p = 0,89$ ;

$K\gamma_p$  – передний угол  $\gamma$ ,  $K\gamma_p = 1$ ;

$K\lambda_p$  – угол наклона режущей кромки  $\lambda$ ,  $K\lambda_p = 1$ .



$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

$$K_{Pz} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,76.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,41^{0,75} \cdot 151,22^{-0,1} \cdot 0,76 = 1060,85 \text{ Н.}$$

По известной силе  $P_z$  и скорости резания  $V$  произведем проверку по мощности привода главного движения станка необходимо, чтобы мощность затрачиваемая на резание была меньше мощности привода станка. Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_{PEZ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{рез} = \frac{1060,85 \cdot 151,01}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт},$$

Проверка по мощности выполняется  $1,9 \text{ кВт} < 10 \text{ кВт}$ .

Основное время выполнения операции:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $i$  – количество проходов.

$$T_o = \frac{117}{0,41 \cdot 237} = 1,2 \text{ мин.}$$

Рассчитаем режимы резания на две операции аналитическим методом.

Операция 010 Токарная с ЧПУ.

2 Черновое точение поверхностей Б Ø234 мм. Станок – токарный с ЧПУ модели 16K20Ф3. Мощность привода главного движения  $N = 10 \text{ кВт}$ .

Глубину резания – 1 мм.

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Резец проходной:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ , радиус при вершине резца  $r = 0,5 \text{ мм}$ . Материал режущей части резца – твердый сплав T15K6.

Сечение державки резца  $25 \times 40 \text{ мм}$ .

Назначим подачу.

Табличная подача при черновом точении  $S_t = 0,63$  мм/об.

Рассчитаем подачу с учетом твердости обрабатываемого материала:

$$S = S_t \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{sd} \cdot K_{sp} \cdot K_{сф} \cdot K_{см},$$

где  $K_{си}$  – поправочный коэффициент на инструментальный материал;

$K_{сп}$  – поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки;

$K_{sd}$  – поправочный коэффициент на диаметр обработки;

$K_{sp}$  – поправочный коэффициент на тип конструкции резца;

$K_{сф}$  – поправочный коэффициент на геометрию резца;

$K_{см}$  – поправочный коэффициент на механические свойства обрабатываемого материала;

$$S_o = 0,63 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка принимаем подачу  $S_o = 0,41$  мм/об (регулирование бесступенчатое).

Рассчитаем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – постоянная в формуле скорости резания,  $C_v = 350$ ;

$m, x, y$  – показатели степени,  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;

$T$  – период стойкости резца,  $T = 45$  мин – среднее значение при одноинструментальной обработке;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{\phi_v},$$

где  $K_{m_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала,

$K_{n_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от состояния поверхности заготовки,  $K_{n_v} = 0,9$ .

$Ku_v$  – поправочный коэффициент, зависящий от марки материала резца,  $Ku_v = 1$ .

$K\varphi_v$  – поправочный коэффициент, зависящий от угла в плане  $\varphi$   $K\varphi_v = 0,8$ .

$$K_{M_v} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости,  $K_{\Gamma} = 0,8$ ;

$n$  – показатель степени,  $n = 1$ .

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72.$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,41^{0,35}} \cdot 0,72 = 151,3 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 151,3}{\pi \cdot 234} = 237,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n = 237 \text{ мин}^{-1}$  (регулирование бесступенчатое).

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 234 \cdot 237}{1000} = 151,01 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем силу резания  $P_z$ :

$$P_z(y, x) = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная в формуле силы резания,  $C_p = 300$ .

$n, x, y$  – показатели степени,  $x=1$  ;  $y=0,75$  ;  $n=-0,1$ ;

$K_p$  – поправочный коэффициент на силу резания:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K\varphi_p \cdot K\gamma_p \cdot K\lambda_p,$$

где  $K_{M_p}$  – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K\varphi_p$  – поправочный коэффициент на угол в плане  $\varphi$ ,  $K\varphi_p = 0,89$ ;

$K\gamma_p$  – передний угол  $\gamma$ ,  $K\gamma_p = 1$ ;

$K\lambda_p$  – угол наклона режущей кромки  $\lambda$ ,  $K\lambda_p = 1$ .

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

$$K_{Pz} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,76.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,41^{0,75} \cdot 151,22^{-0,1} \cdot 0,76 = 1060,85 \text{ Н.}$$

По известной силе  $P_z$  и скорости резания  $V$  произведем проверку по мощности привода главного движения станка необходимо, чтобы мощность затрачиваемая на резание была меньше мощности привода станка. Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_{PEZ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{рез} = \frac{1060,85 \cdot 151,01}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт},$$

Проверка по мощности выполняется  $1,9 \text{ кВт} < 10 \text{ кВт}$ .

Основное время выполнения операции:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $i$  – количество проходов.

$$T_o = \frac{22}{0,41 \cdot 237} = 0,226 \text{ мин.}$$

Операция 015 Токарная с ЧПУ.

1 Черновое точение поверхностей торцев С. выдержит 20 мм

Станок – токарный с ЧПУ модели 16K20Ф3. Мощность привода главного движения  $N = 10 \text{ кВт}$ .

Глубину резания – 1 мм.

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Резец проходной:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ , радиус при вершине резца  $r = 0,5 \text{ мм}$ . Материал режущей части резца – твердый сплав T15K6.

Сечение державки резца  $25 \times 40 \text{ мм}$ .

Назначим подачу.

Табличная подача при черновом точении  $S_t = 0,63 \text{ мм/об}$ .

Рассчитаем подачу с учетом твердости обрабатываемого материала:

$$S = S_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sm},$$

где  $K_{Si}$  – поправочный коэффициент на инструментальный материал;

$K_{Sp}$  – поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки;

$K_{Sd}$  – поправочный коэффициент на диаметр обработки;

$K_{Sp}$  – поправочный коэффициент на тип конструкции резца;

$K_{S\phi}$  – поправочный коэффициент на геометрию резца;

$K_{Sm}$  – поправочный коэффициент на механические свойства обрабатываемого материала;

$$S_o = 0,63 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка принимаем подачу  $S_o = 0,41$  мм/об (регулирование бесступенчатое).

Рассчитаем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – постоянная в формуле скорости резания,  $C_v = 350$ ;

$m, x, y$  – показатели степени,  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;

$T$  – период стойкости резца,  $T = 45$  мин – среднее значение при одноинструментальной обработке;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{\phi_v},$$

где  $K_{M_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала,

$K_{n_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от состояния поверхности заготовки,  $K_{n_v} = 0,9$ .

$K_{u_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от марки материала резца,  $K_{u_v} = 1$ .

$K_{\varphi_V}$  – поправочный коэффициент, зависящий от угла в плане  $\varphi$   $K_{\varphi_V} = 0,8$ .

$$K_{M_V} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости,  $K_{\Gamma} = 0,8$ ;

$n$  – показатель степени,  $n = 1$ .

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72.$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,41^{0,35}} \cdot 0,72 = 151,3 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 151,3}{\pi \cdot 234} = 237,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n = 237 \text{ мин}^{-1}$  (регулирование бесступенчатое).

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 234 \cdot 237}{1000} = 151,01 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем силу резания  $P_z$ :

$$P_z(y, x) = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная в формуле силы резания,  $C_p = 300$ .

$n, x, y$  – показатели степени,  $x=1$  ;  $y=0,75$  ;  $n=-0,1$ ;

$K_p$  – поправочный коэффициент на силу резания:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p},$$

где  $K_{M_p}$  – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{\varphi_p}$  – поправочный коэффициент на угол в плане  $\varphi$ ,  $K_{\varphi_p} = 0,89$ ;

$K_{\gamma_p}$  – передний угол  $\gamma$ ,  $K_{\gamma_p} = 1$ ;

$K_{\lambda_p}$  – угол наклона режущей кромки  $\lambda$ ,  $K_{\lambda_p} = 1$ .

$$K_{M_p} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

$$K_{Pz} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,76.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,41^{0,75} \cdot 151,22^{-0,1} \cdot 0,76 = 1060,85 \text{ Н.}$$

По известной силе  $P_z$  и скорости резания  $V$  произведем проверку по мощности привода главного движения станка необходимо, чтобы мощность затрачиваемая на резание была меньше мощности привода станка. Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_{PEZ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{рез} = \frac{1060,85 \cdot 151,01}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт},$$

Проверка по мощности выполняется  $1,9 \text{ кВт} < 10 \text{ кВт}$ .

Основное время выполнения операции:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $i$  – количество проходов.

$$T_o = \frac{117}{0,41 \cdot 237} = 1,2 \text{ мин.}$$

Рассчитаем режимы резания на две операции аналитическим методом.

Операция 015 Токарная с ЧПУ.

2 Чистовый точение поверхностей торца Б Ø230 мм.

модели 16K20Ф3. Мощность привода главного движения  $N = 10 \text{ кВт}$ .

Глубину резания – 0,5 мм.

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Резец проходной:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ , радиус при вершине резца  $r = 0,5 \text{ мм}$ . Материал режущей части резца – твердый сплав T15K6.

Сечение державки резца 25×40 мм.

Назначим подачу.

Табличная подача при черновом точении  $S_T = 0,63 \text{ мм/об}$ .

Рассчитаем подачу с учетом твердости обрабатываемого материала:

$$S = S_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sm},$$

где  $K_{Si}$  – поправочный коэффициент на инструментальный материал;

$K_{Sp}$  – поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки;

$K_{Sd}$  – поправочный коэффициент на диаметр обработки;

$K_{Sp}$  – поправочный коэффициент на тип конструкции резца;

$K_{S\phi}$  – поправочный коэффициент на геометрию резца;

$K_{Sm}$  – поправочный коэффициент на механические свойства обрабатываемого материала;

$$S_o = 0,63 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка принимаем подачу  $S_o = 0,41$  мм/об (регулирование бесступенчатое).

Рассчитаем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – постоянная в формуле скорости резания,  $C_v = 350$ ;

$m, x, y$  – показатели степени,  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;

$T$  – период стойкости резца,  $T = 45$  мин – среднее значение при одноинструментальной обработке;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{\phi_v},$$

где  $K_{M_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала,

$K_{n_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от состояния поверхности заготовки,  $K_{n_v} = 0,9$ .

$K_{u_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от марки материала резца,  $K_{u_v} = 1$ .



$K_{\varphi_V}$  – поправочный коэффициент, зависящий от угла в плане  $\varphi$   $K_{\varphi_V} = 0,8$ .

$$K_{M_V} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости,  $K_{\Gamma} = 0,8$ ;

$n$  – показатель степени,  $n = 1$ .

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72.$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,41^{0,35}} \cdot 0,72 = 151,3 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 151,3}{\pi \cdot 230} = 237,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n = 237 \text{ мин}^{-1}$  (регулирование бесступенчатое).

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 234 \cdot 230}{1000} = 151,01 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем силу резания  $P_z$ :

$$P_z(y, x) = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная в формуле силы резания,  $C_p = 300$ .

$n, x, y$  – показатели степени,  $x=1$  ;  $y=0,75$  ;  $n= -0,1$ ;

$K_p$  – поправочный коэффициент на силу резания:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p},$$

где  $K_{M_p}$  – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{\varphi_p}$  – поправочный коэффициент на угол в плане  $\varphi$ ,  $K_{\varphi_p} = 0,89$ ;

$K_{\gamma_p}$  – передний угол  $\gamma$ ,  $K_{\gamma_p} = 1$ ;

$K_{\lambda_p}$  – угол наклона режущей кромки  $\lambda$ ,  $K_{\lambda_p} = 1$ .

$$K_{M_p} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

$$K_{Pz} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,76.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,41^{0,75} \cdot 151,22^{-0,1} \cdot 0,76 = 1060,85 \text{ Н.}$$

По известной силе  $P_z$  и скорости резания  $V$  произведем проверку по мощности привода главного движения станка необходимо, чтобы мощность затрачиваемая на резание была меньше мощности привода станка. Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_{PEZ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{рез} = \frac{1060,85 \cdot 151,01}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт},$$

Проверка по мощности выполняется  $1,9 \text{ кВт} < 10 \text{ кВт}$ .

Основное время выполнения операции:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $i$  – количество проходов.

$$T_o = \frac{22}{0,41 \cdot 237} = 0,226 \text{ мин.}$$

Рассчитаем режимы резания на две операции аналитическим методом.

Операция 015 Токарная с ЧПУ.

3 Расточит поверхностей Д Ø149 мм.

модели 16K20Ф3. Мощность привода главного движения  $N = 10 \text{ кВт}$ .

Глубину резания – 1 мм.

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Резец проходной:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ , радиус при вершине резца  $r = 0,5 \text{ мм}$ . Материал режущей части резца – твердый сплав T15K6.

Сечение державки резца  $25 \times 40 \text{ мм}$ .

Назначим подачу.

Табличная подача при черновом точении  $S_T = 0,63 \text{ мм/об}$ .

Рассчитаем подачу с учетом твердости обрабатываемого материала:

$$S = S_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sm},$$

где  $K_{Si}$  – поправочный коэффициент на инструментальный материал;

$K_{Sp}$  – поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки;

$K_{Sd}$  – поправочный коэффициент на диаметр обработки;

$K_{Sp}$  – поправочный коэффициент на тип конструкции резца;

$K_{S\phi}$  – поправочный коэффициент на геометрию резца;

$K_{Sm}$  – поправочный коэффициент на механические свойства обрабатываемого материала;

$$S_0 = 0,63 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка принимаем подачу  $S_0 = 0,41$  мм/об (регулирование бесступенчатое).

Рассчитаем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – постоянная в формуле скорости резания,  $C_v = 350$ ;

$m, x, y$  – показатели степени,  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;

$T$  – период стойкости резца,  $T = 45$  мин – среднее значение при одноинструментальной обработке;

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{\phi_v},$$

где  $K_{M_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала,

$K_{n_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от состояния поверхности заготовки,  $K_{n_v} = 0,9$ .

$K_{u_v}$  – поправочный коэффициент, зависящий от марки материала резца,  $K_{u_v} = 1$ .

$K_{\varphi_V}$  – поправочный коэффициент, зависящий от угла в плане  $\varphi$   $K_{\varphi_V} = 0,8$ .

$$K_{M_V} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости,  $K_{\Gamma} = 0,8$ ;

$n$  – показатель степени,  $n = 1$ .

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72.$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,41^{0,35}} \cdot 0,72 = 151,3 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 151,3}{\pi \cdot 149} = 323,38 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n = 340 \text{ мин}^{-1}$  (регулирование бесступенчатое).

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 149 \cdot 340}{1000} = 159 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем силу резания  $P_z$ :

$$P_z(y, x) = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная в формуле силы резания,  $C_p = 300$ .

$n, x, y$  – показатели степени,  $x=1$  ;  $y=0,75$  ;  $n=-0,1$ ;

$K_p$  – поправочный коэффициент на силу резания:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p},$$

где  $K_{M_p}$  – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{\varphi_p}$  – поправочный коэффициент на угол в плане  $\varphi$ ,  $K_{\varphi_p} = 0,89$ ;

$K_{\gamma_p}$  – передний угол  $\gamma$ ,  $K_{\gamma_p} = 1$ ;

$K_{\lambda_p}$  – угол наклона режущей кромки  $\lambda$ ,  $K_{\lambda_p} = 1$ .

$$K_{M_p} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

$$K_{P_z} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,76.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,41^{0,75} \cdot 151,22^{-0,1} \cdot 0,76 = 1060,85 \text{ Н.}$$

По известной силе  $P_z$  и скорости резания  $V$  произведем проверку по мощности привода главного движения станка необходимо, чтобы мощность затрачиваемая на резание была меньше мощности привода станка. Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_{PEZ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{рез} = \frac{1060,85 \cdot 151,01}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт},$$

Проверка по мощности выполняется  $1,9 \text{ кВт} < 10 \text{ кВт}$ .

Основное время выполнения операции:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $i$  – количество проходов.

$$T_o = \frac{20}{0,41 \cdot 237} = 0,226 \text{ мин.}$$

Рассчитаем режимы резания на две операции аналитическим методом.

Операция 020 Токарная с ЧПУ.

1. Сверлить отверстие  $\varnothing 10$  мм длина 20 мм модели 2Н125. Мощность привода главного движения  $N = 7 \text{ кВт}$ .

Глубину резания – 5 мм.

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Назначим подачу.

Табличная подача при черновом точении  $S_t = 0,5 \text{ мм/об}$ .

Рассчитаем скорость резания:

$$V = 30 \text{ м/мин},$$

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72.$$

$$V = 30^* \cdot 0,72 = 21,6 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,6}{\pi \cdot 10} = 687 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n = 680 \text{ мин}^{-1}$  (регулирование бесступенчатое).

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 680}{1000} = 21,5 \text{ м/мин.}$$

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i,$$

где  $i$  – количество проходов.

$$T_o = \frac{20}{0,5 \cdot 680} = 0,058 \text{ мин.}$$

020. 2. Зенковка отверстие Ø10 мм видержит Ø20 длина 10 мм

$$T_o = \frac{20}{0,5 \cdot 680} = 0,058 \text{ мин.}$$

020. 3. Зенковка отверстие Ø10 мм видержит Ø20 длина 10 мм

$$T_o = \frac{20}{0,5 \cdot 680} = 0,058 \text{ мин.}$$

## 2.6. Расчет нормирование времени

### 1. Расчет операционного времени по каждой операции.

$$010 \quad \tau_{on} = (\tau_o + \tau_{\epsilon} \cdot n_{пер}) \cdot (1 + \frac{T_d}{100}) = (0,65 + 0,34 \cdot 3) \cdot (1 + \frac{4+4}{100}) = 1,8 \text{ мин},$$

$$015 \quad \tau_{on} = (0,37 + 0,34 \cdot 4) \cdot 1,08 = 1,87 \text{ мин},$$

$$020 \quad \tau_{on} = (0,25 + 0,34 \cdot 3) \cdot 1,08 = 1,37 \text{ мин}$$

$$025 \quad \tau_{on} = (0,9 + 0,34 \cdot 1) \cdot 1,08 = 1,34 \text{ мин}$$

$$030 \quad \tau_{on} = (0,72 + 0,34 \cdot 2) \cdot 1,08 = 1,51 \text{ мин}$$

где  $\tau_{\epsilon}$  - вспомогательное время, связанное с переходом,

$n_{пер}$  - количество переходов в операции,

$T_d = K_1 \cdot K_2$  - дополнительное время,

$K_1$  - дополнительное время на обслуживание рабочего места,

$K_2$  - дополнительное время на отдых и личные надобности.

### 2. Расчет штучно-калькуляционного времени.

$$010 \quad \tau_{штк} = 1,37 \cdot \tau_{on} = 1,37 \cdot 1,8 = 2,47 \text{ мин},$$

$$015 \quad \tau_{штк} = 1,37 \cdot 1,87 = 2,56 \text{ мин}.$$

$$020 \tau_{\text{штк}} = 1,37 \cdot 1,37 = 1,88 \text{ мин.}$$

$$025 \tau_{\text{штк}} = 1,37 \cdot 1,34 = 1,84 \text{ мин.}$$

$$030 \tau_{\text{штк}} = 1,37 \cdot 0,93 = 1,27 \text{ мин.}$$

### 3. Станкоёмкость обработки годовой программы по каждой операции.

$$010 T_{\text{сз}} = \frac{\tau_{\text{штк}} \cdot N_i}{60} = \frac{2,47}{60} \cdot 600 \approx 25 \text{ см / час},$$

$$015 T_{\text{сз}} = \frac{2,56}{60} \cdot 600 \approx 26 \text{ см / час},$$

$$020 T_{\text{сз}} = \frac{1,88}{60} \cdot 600 \approx 19 \text{ см / час}$$

$$025 T_{\text{сз}} = \frac{1,84}{60} \cdot 600 \approx 19 \text{ см / час}$$

$$030 T_{\text{сз}} = \frac{1,27}{60} \cdot 600 \approx 13 \text{ см / час}$$

где  $N = 2000$  - годовая программа выпуска, шт.

### 4. Расчет потребного количества станков.

$$010 C'_P = \frac{T_{\text{сз}}}{\Phi_o} = \frac{25}{3802} = 0,007 \Rightarrow 1,$$

$$015 C'_P = \frac{26}{3802} = 0,007 \Rightarrow 1,$$

$$020 C'_P = \frac{19}{3802} = 0,005 \Rightarrow 1$$

$$025 C'_P = \frac{19}{3802} = 0,005 \Rightarrow 1$$

$$030 C'_P = \frac{13}{3802} = 0,003 \Rightarrow 1$$

где  $\Phi_o = 264 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,9 = 3801,6 \Rightarrow 3802$  - эффективный годовой фонд времени, часа.

264 - количество рабочих дней в году,

8 - количество часов в смену,

2 - количество смен,

### 5. Определение коэффициента загрузки.

$$010 K_3 = \frac{C'_P}{C_P} = \frac{0,007}{1} = 0,007,$$

$$015 K_3 = \frac{C'_P}{C_P} = \frac{0,007}{1} = 0,007.$$

$$020 \quad K_3 = \frac{C'_P}{C_P} = \frac{0,005}{1} = 0,005$$

$$025 \quad K_3 = \frac{C'_P}{C_P} = \frac{0,005}{1} = 0,005$$

$$030 \quad K_3 = \frac{C'_P}{C_P} = \frac{0,003}{1} = 0,003$$

Для групповой операции применяем линейную компоновку.

Таблица

№ операции	Операционное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин	Годовая программа, шт	Станкоёмкость обработки годовой программы, шт/час	Расчетное число станков, шт	Принятое Число станков, шт	Коэффициент загрузки
i	$\tau_{оп}$	$\tau_{штк}$	$N_J$	$T_{C\Sigma}$	$C'_P$	$C_P$	$K_3$
005	1,8	2,47	600	25	0,007	1	0,007
010	1,61	2,2		22	0,006	1	0,006
015	1,87	2,56		26	0,007	1	0,007
020	1,37	1,88		19	0,005	1	0,005
025	1,34	1,84		19	0,005	1	0,005
030	1,51	1,27		13	0,003	1	0,003
035	0,93	3,66		37	0,01	1	0,01



### 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Проектирование станочного приспособления

Выбор технологических баз имеет первостепенное значение при проектировании технологических процессов. При выборе баз учитывается вид операции, точность и производительность обработки и многие другие факторы.

Для выполнения сверления операции за технологические базы принимаем обработанные на предыдущих операциях цилиндрические поверхности и торец. Эти технологические базы являются оптимальными, т.к. обеспечивают устойчивое положение заготовки относительно станка, а также надежное ее закрепление с минимальными деформациями.

Определим величину радиального биения плита при установке на специальное сверление приспособление. Суммарная величина биения складывается из погрешности обработки торца плита, а также погрешности обработки внутреннего отверстия:

$$E_{\phi} = E_m + E_o$$

В соответствии с рабочим чертежом детали определим допускаемые (максимальные) значения составляющих  $E_m$  и  $E_o$  :

- принимаем значение  $E_m$  равным допускаемому биению торца относительно внутреннего отверстия колеса:  $E_m = 0,1$  мм;
- значение  $E_o$  принимаем равным допуску отверстия по соответствующему качеству:  $E_o = 0,046$  мм.

Находим величину радиального биения:

$$E_{\phi} = 0,1 + 0,046 = 0,146 \text{ мм.}$$

#### **Выбор средств технологического оснащения**

Современное машиностроение на сей день имеет ярко выраженную тенденцию к повышению качества, точности обрабатываемых изделий, и невозможно будет реализовать спроектированный технологический процесс

без соответствующего технологического оснащения. При выборе конкретных моделей станков необходимо учитывать:

- соответствие габаритных размеров заготовки размерам рабочей зоны оборудования;
- требования обеспечения точности и качества обрабатываемых поверхностей;
- технологические возможности станка.

### 3.2. Расчет приспособления на точность

Погрешность изготовления приспособления определяем по формуле [6]:

$$\varepsilon_{np} \leq T;$$

$$\varepsilon_{np} = K_{T1} \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{mi}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2};$$

где  $T$  – допуск выполняемого размера,  $T = 0,065$  мм;

$K_{T1}$  – коэффициент, учитывающий отклонения значений составляющих величин от закона нормального распределения,  $K_{T1} = 1$ ;

$\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_z$  – погрешность закрепления;

$\varepsilon_y$  – погрешность установки;

$\varepsilon_u$  – погрешность износа установочных элементов;

$\varepsilon_{mi}$  – погрешность от смещения инструмента;

$\omega$  – экономическая точность обработки;

$k_{T1}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,  $k_{T1} = 0,8$ ;

$k_{T2}$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами не зависящими от приспособления,  $k_{T2} = 0,4$ .

Погрешность базирования  $\varepsilon_{\delta} = 0$

Погрешность закрепления  $\varepsilon_z = 0$

Погрешность установки заготовки  $\varepsilon_y = 0,035$  мм.

Погрешность от смещения инструмента  $\varepsilon_{ni} = 0$  мм.

Погрешность износа установочных элементов  $\varepsilon_u = 0,01$  мм.

Экономическая точность обработки по 7-му качеству точности,  $\omega = 0,12$  мм.

$$\varepsilon_{np} = 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,025^2 + 0^2 + 0,01^2 + (0,4 \cdot 0,12)^2} = 0,055;$$
$$0,055 \leq 0,065;$$

### 3.3 Расчёт и конструирование режущего инструмента

Для обработки отверстия диаметром 64Н8 необходимо взять расточной резец.

Материал державки резца сталь 45, режущая пластина из твердого сплава ВК6 крепится к державке с помощью припоя Л68.

– Выбираем материал державки и режущей части резца.

Материал державки – сталь 45,  $\sigma_b = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_u = 20$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Материал режущей части – ВК6.

– Из расчетов режимов резания для расточной операции, главная составляющая силы резания  $P_z = 12,6$  Н.

– Определим размеры сечения державки В и Н:

Форма сечения державки квадратная

$$B = \sqrt[3]{\frac{P_z \times l \times 6}{[\sigma_u] \times 2,56}}, \quad (4.3)$$

где  $\sigma_u = 20$  кгс/мм<sup>2</sup> – предельное напряжение при изгибе;

l – вылет резца;

$$B = \sqrt[3]{\frac{12,6 \times 47 \times 6}{20 \times 2,56}} = 4,04 \text{ мм},$$

Принимаем сечение В = 16, Н = 16.

– Проверяем на прочность и жесткость державку резца:

$$[P_z] > P_z < [P_{zж}]$$

Расчет максимальной нагрузки допустимой прочности резца

$$[P_z] = \frac{B \times H^2}{6l} \times \sigma_u, (4.4)$$

$$[P_z] = \frac{16 \times 16^2}{6 \times 47} \times 20 = 290,5 \text{ Н.}$$

Расчет нагрузки допустимой жесткости резца

$$[P_{зж}] = \frac{f \times 3E \times Y}{l^3}, (4.5)$$

где  $f$  – стрела прогиба

$E$  – модуль упругости

принимая  $f = 0,05 \text{ мм}$

$$E = 2 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2$$

$$Y = \frac{B \times H^3}{12} = \frac{16 \times 16^3}{12} = 5461 \text{ мм}^4$$

$$[P_{зж}] = \frac{0,05 \times 3 \times 2 \times 10^4 \times 5461}{47^3} = 157,8 \text{ Н.}$$

Условие прочности и жесткости резца выполняется

$$[P_z] > P_z < [P_{зж}]$$

$$290,5 > 12,6 < 157,8.$$

Выбираем конструктивные размеры резца:  $B = 16 \text{ мм}$ ,  $H = 16 \text{ мм}$ ;  $L = 120 \text{ мм}$ ;  $R = 1,0 \text{ мм}$ , пластина из твердого сплава по ГОСТ 25396-82.

### **3.4 Расчет и проектирование контрольного приспособления**

Среди множества измерительных средств имеется целая группа инструментов, которые изготавливаются в инструментальном цехе. В эту группу входят калибры различного назначения и конструкций. Но каково бы назначение не имел калибр, каким бы своеобразием не отличалась его конструкция, он всегда будет надежным и самым удобным средством измерения в производстве взаимозаменяемых деталей.

Что же представляют собой калибры? Калибрами называются одномерные измерительные инструменты для контроля отклонений деталей от размеров, формы и взаимного расположения их поверхностей, но без определения числовой величины этих отклонений.

По форме измерительных поверхностей калибры могут быть разделены на калибры для элементных измерений и для комплексных измерений. Комплексные калибры еще называются лекалами или шаблонами.

Самую многочисленную группу среди элементных калибров составляют калибры для контроля отверстий. Они выполняются в виде:

а) пробок гладких полных; б) пробок листовых неполных и пробок неполных; в) штихмасов и нутромеров сферических и г) пробок конических.

Гладкие калибры-пробки полные бывают цельными, т. е. сделанными из одного куска металла, или составными. Пробки для отверстий диаметром от 1 до 50 мм делаются в виде конических вставок (пробок с коническими хвостовиками); для отверстий диаметром от 30 до 100 мм их изготавливают в виде цилиндрических насадок. По конструкции пробки делятся на односторонние или двусторонние. Односторонние пробки имеют одну коническую вставку или одну цилиндрическую насадку; двусторонние — две.

Непроходная пробка значительно короче проходной, что позволяет безошибочно определять, какой из них следует пользоваться при измерении. Пробки гладкие листовые неполные и пробки неполные применяются для проверки отверстий больших диаметров. Измерительные поверхности этих пробок представляют часть цилиндра, равного по диаметру отверстию детали. Непроходные стороны калибров и в данном случае делаются короче проходных. Несмотря на то, что проходные стороны неполных калибров менее надежны (нарушается принцип подобия), все же благодаря меньшему весу они удобнее для измерения больших диаметров. Неполные калибры-пробки могут быть выполнены также и в виде калибров регулируемой конструкции.

### **ДОПУСКИ КАЛИБРОВ**

В производстве взаимозаменяемых деталей не все калибры играют одинаковую роль и имеют не одно и то же назначение.

Для проверки цилиндрических деталей рабочими и контролерами применяются рабочие калибры: проходной Р-ПП и непроходной Р-Не. Для приемки изделий заказчиком от завода-поставщика применяются приемные калибры, т. е. изношенные до известных пределов рабочие калибры. Их соответственно обозначают приемный проходной (П-ПП) и приемный непроходной (П-НЕ).

Проверка калибров осуществляется контрольными калибрами. Впереди их условного обозначения всегда стоит буква К, а следующие буквы повторяют название тех калибров, для которых они применяются. Так, например, обозначение К-РП относится к проходному контрольному калибру, предназначенному для контроля вновь изготовленного проходного рабочего калибра; К-ИЕ — обозначение проходного контрольного калибра для контроля рабочего непроходного калибра. К-И — это непроходной контркалибр для контроля износа проходной стороны рабочих и приемных калибров. Существуют еще калибры К-П. Это — проходные контркалибры для приемного проходного калибра. Если контркалибр К-П входит в проходные стороны рабочих калибров, то они могут быть переведены в приемные калибры, как достаточно изношенные для этой цели.

## 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Расчет фонда заработной платы производственных рабочих.

Фонд заработной платы производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

$$З_{\text{год}} = З_{\text{о.год}} + З_{\text{доп.год}}$$

Годовой фонд заработной платы  $З_{\text{о.год}}$  определяется умножением основной заработной платы на деталь –  $З_{\text{o}}$  на годовую программу выпуска деталей., т.е.

$$З_{\text{о.год}} = З_{\text{o}} \cdot N_{\text{год}}, \text{ где}$$

$З_{\text{o}}$  – основная заработная плата производственных рабочих на деталь, сум, определяется по формуле:

$$З_{\text{o}} = З_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{пр}} = \sum (P_{\text{сд}} \cdot K_{\text{мн}}) \cdot \eta_{\text{пр}}, \text{ где}$$

$З_{\text{т}}$  – заработная плата по тарифу за одну деталь (без учета доплат по прогрессивно-премиальным системам);

$\eta_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий приработок, учитывающий доплаты за работу в ночное время, за руководство бригадой, за обучение учеников на производстве, за совмещение профессий и т.д. Принимаем  $\eta_{\text{пр}} = 1,4$ .

$P_{\text{сд}}$  – сдельная расценка на операцию, сум, определяется по формуле:

$$P_{\text{сд}} = C_{\text{ч}} \cdot \frac{t}{60}, \text{ где}$$

$C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка соответствующего разряда, по которому выполняется операция;

$t$  – норма времени на операцию, мин;

$$\begin{aligned} D_{\text{н}005} &= 2280 \cdot \frac{16,1}{60} \approx 612 \text{ руб.} ; & D_{\text{н}010} &= 2280 \cdot \frac{8,10}{60} \approx 310 \text{ руб.} ; \\ D_{\text{н}015} &= 1560 \cdot \frac{3,73}{60} \approx 97 \text{ руб.} ; & & ; \\ & ; & & ; \end{aligned}$$

Таблица 4.1

№ операции	Наименование операции	Разряд работы	норма времени (мин)	Часовая тарифная ставка	расценка на операцию (сум)	станков, обслуживаемых	коэффициент многостаночного обслуживания	тарифу на деталь (сум)
005	Абразивно-отрезная	4		2280	610	1	1	610
010	Токарная с ЧПУ	4		2280	100	1	1	100
015	Токарная	3		1560	125	1	1	125
020	Вертикально-сверлильная	4		2280	310	1	1	310
025	Фрезерный	4		2280	310	1	1	310
030	Токарная с ЧПУ	4		2280	310	1	1	310

$$C_{\text{г}} = 1670 \cdot 1,4 = 2330 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{г.г.г.}} = 2330 \cdot 10000 = 23300000 \text{ руб.}$$

Годовой фонд дополнительной заработной платы производственных рабочих  $Z_{\text{доп.год}}$  включает выплаты, предусмотренные законодательством о труде, оплату очередных и дополнительных отпусков, оплату времени выполнения государственных и общественных обязанностей, оплату льготных часов подростков, выплату вознаграждения за выслугу лет и т.п.

Годовой фонд дополнительной заработной платы определяется в размере 20% к основной заработной плате.

$$C_{\text{д.г.г.}} = 23300000 \cdot 0,2 = 4660000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{г.г.г.}} = 23300000 + 4660000 = 27960000$$



#### **4.2. Расчет затрат на основные материалы.**

Данный расчет выполняется на основе норм расхода материала на одну деталь с учетом стоимости возвратных отходов, цены, транспортно-заготовительных расходов и программы.

$$M = (Q_m \cdot P_m \cdot K_{т-з} - g_o \cdot P_o) \cdot N_{год},$$

где

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, в штуках;

$Q_m$  – норма расхода материала на заготовку, в кг;

$P_m$  – оптовая цена за 1 кг материала, в сумах  $P_m = 1400$  сум;

$K_{т-з}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов. С его помощью учитываются наценки, уплачиваемые снабженческо-сбытовым организациям, провозная плата, расходы на разгрузку и доставку материалов на склады и т.п.

$K_{т-з} = 1,04 - 1,12$ , т.е. 4 – 12% от стоимости материалов. Принимаем  $K_{т-з} = 1,1$ ;

$g_o$  – масса возвратных отходов на деталь, в кг;

$$g_o = m_{заг} - m_{дет}$$

$$g_o = 11,4 - 7,4 = 4,0 \text{ кг};$$

$P_o$  – цена за 1 кг возвратных отходов, в сумах  $P_o = 150$  сум;

$$M = (11,4 \cdot 150 \cdot 1,1 - 4,0 \cdot 150) \cdot 10000 = 170000000 \text{ сум}.$$

#### **4.3. Расчет расходов, связанных с обслуживанием и эксплуатацией оборудования и цеховых расходов.**

Косвенные расходы в цехе подразделяются на расходы, связанные с обслуживанием и эксплуатацией оборудования и цеховые расходы.

К статье «Содержание и эксплуатация оборудования» относятся стоимость вспомогательных материалов, необходимых для нормальной работы оборудования; заработная плата рабочих, связанных с обслуживанием оборудования с отчислением на социальный фонд, стоимость

электроэнергии, воды, сжатого воздуха, используемых на приведение в движение станков, кранов, насосов и других производственных механизмов; амортизация и текущий ремонт производственного и подъемно-транспортного оборудования, ценных инструментов и т.п.

В статье «Цеховые расходы» относятся заработная плата аппарата управления цехом с отчислениями на социальные фонды; амортизационные отчисления и затраты на содержание и текущий ремонт зданий, сооружений и инвентаря общецехового назначения, затраты на опыты, исследования, рационализацию и изобретательство цехового характера; затраты на мероприятия по охране труда и другие цеховые расходы, связанные с управлением и обслуживанием производства.

## **5. ОХРАНА ТРУДА**

### **5.1 Анализ вредных и опасных факторов листоштамповочных цехов**

В цехах холодной листовой штамповки могут возникать следующие опасные и вредные факторы для здоровья людей:

- производственный шум и вибрация;
- опасность поражения электрическим током;
- загрязнения техническими жидкостями;
- опасность возникновения пожара;
- недостаточная освещенность;
- возможность травматизма;
- неблагоприятный климат.

Прессовые цеха относятся к тому типу производства, где уровни шума довольно высоки. В листоштамповочном производстве основными источниками шума прессов и механизмов являются зубчатые передачи, подшипники, соударяющиеся металлорежущие предметы и т.д. Так же шумовые эффекты на участке создает сам процесс резания металла, т.е. вклинивание режущих кромок штампа в металл.

Шум оказывает вредное влияние на весь организм и в первую очередь на центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему и органы слуха человека. Длительное его воздействие может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях и к глухоте.

Шум на производстве неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание человека, увеличивает расход энергии при одинаковой нагрузке, замедляет скорость психических реакций, снижает производительность труда.

Защита рабочих от шума может осуществляться как коллективными средствами и методами, так и индивидуальными средствами. Борьба с шумом в производственном помещении направлена на его снижение до нормативного уровня.

Снижение шума в помещении на рабочем месте ведется по 3-м направлениям; уменьшение шума в источнике; использование средств звукоизоляции; использование средств индивидуальной защиты.

В первую очередь надо использовать коллективные средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее эффективны мероприятия, ведущие к снижению шума в источнике его возникновения. Для этого рабочее пространство прессы закрывается специальным кожухом. Пол цеха холодной листовой штамповки имеет звукопоглощающее покрытие, уменьшающее его звукопроводность. На клапанах пневмосистемы, производящей сброс сжатого воздуха, установлены глушители. Воздуховоды вентиляционных систем звукоизолированы. Для снижения вибрации, возникающей при работе, пресс устанавливается на фундамент с вибродемпфирующими прокладками. В приводах вспомогательных устройств также предусмотрены виброгасящие элементы. Документом, нормирующим параметры шума на рабочих местах, является ГОСТ 12.1.003-83, а параметры вибрации - ГОСТ 12.1.012-78.

Загрязнения техническими жидкостями (смазка и т.д.) в предлагаемом технологическом процессе холодной листовой штамповки, сведено к минимуму. В предлагаемом к применению относительно современном прессе, система смазки организована так, что масло не попадает в окружающую среду. Отработанное масло легко заменяется на новое, без каких-либо выбросов. Смазка заготовок перед штамповкой осуществляется в рабочей зоне прессы автоматически и в минимально необходимой мере. Готовые детали укладываются в специальную тару, не допуская таким образом загрязнения смазкой рабочего места и, соответственно, цеха в целом.

Необходимая освещенность рабочих мест обеспечивается естественным и искусственным освещением. Освещение организовано в соответствии со СНиП 11-4-79 и периодически проверяется сотрудниками

заводской лаборатории. Проводится плановая очистка и замена светильников и стекол.

Микроклимат в листоштамповочном цехе, то есть допустимую температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха и его чистоту обеспечивает система отопления и система вентиляции. Основным, нормирующим микроклимат документом, является ГОСТ 12.1.005-76 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования». Для работы средней тяжести, которой и представлен данный технологический процесс, допустимые параметры воздушной среды в рабочей зоне производственного цеха (участка, линии и т.д.) представлены в таблице.

Таблица 5.1 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения (воздуха не более), м/с
Холодный и переходный	18-20	60-40	0,2
Теплый	21-23	60-40	0,3

На проектируемом участке холодной листовой штамповки установлено несколько потребителей электроэнергии. Электрооборудование этих потребителей, с целью недопущения поражения человека электрическим током, должно соответствовать «Правилам установки электроустановок», действующим ГОСТам, а его эксплуатация «правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей». Кроме этого, необходимо выполнять указания по эксплуатации соответствующих установок, имеющих в инструкциях заводов-изготовителей. Подсоединение и отсоединение от электрической цепи, а также наблюдение за состоянием электроустановок в процессе их эксплуатации должно проводиться

электротехническим персоналом цеха. Включение оборудования в сеть должно производиться только при заземлении корпуса. Изоляция всех проводов должна быть защищена от механических повреждений. Для быстрой остановки всех механизмов, на пульте управления необходимо предусмотреть соответствующие кнопки управления в легко доступном месте.

## 5.2 Расчет уровня шума на участке

В прессовых цехах шум создается за счет работы электродвигателей, выброса в атмосферу сжатого воздуха из пневмосистем муфт и тормозов, а также из-за наличия зазоров в исполнительных механизмах прессов, что приводит к характерному металлическому стуку в момент соударения рабочих частей штампа.

Для устранения шума от зазоров необходимо выбрать зазоры в исполнительном механизме к моменту начала деформации заготовки. Для этого, во всех прессах устанавливаются уравниватели ползуна, которые к тому же играют еще одну существенную роль в обеспечении безопасности труда: удерживают ползун прессы в крайнем верхнем положении и не дают ему упасть при любом возможном отказе (отказе системы управления и размыкании тормоза, поломке шатуна и т.д.).

Для устранения шума от выпуска сжатого воздуха на большинстве современных прессов устанавливается глушитель клапаны распределителя. При штамповке в режиме непрерывных ходов муфта постоянно включена и перепуска воздуха в клапанах не происходит, как следствие нет шума от выпуска сжатого воздуха.

Таким образом, основным источником шума в кузнечно-прессовых цехах остается гул электродвигателей.

Для оценки соответствия шума предельно допустимым нормам необходимо провести расчет уровня звукового давления на рабочем месте. Для этой цели используем выражение :

$$L_{pш} = L_1 + 10 \lg \left( 1 + \frac{4}{F \alpha_p} \right),$$

где  $L_{pш}$  - уровень звукового давления на рабочем месте;

$L_1$  - уровень звуковой мощности одного источника, дБ;

$F$  - площадь, занимаемая оборудованием, м<sup>2</sup>;

$\alpha_p$  - приведенный к единице площади коэффициент звукопоглощения.

Уровень звуковой мощности одного источника определяется зависимостью:

$$L_1 = 10 \lg \left( \frac{W}{W_0} \right) = 10 \lg \left( \frac{W}{10^{-12}} \right)$$

где  $W$  - излучаемая звуковая мощность, кВт.

Звуковая мощность прессов составляет 0.001% от номинальной установочной мощности электродвигателя. Общая установленная мощность электродвигателей на участке, включая подъемно - транспортное оборудование и станочное оборудование, равняется 140 кВт. Площадь участка составляет 620 м<sup>2</sup>. Приведенный к единице коэффициент звукопоглощения равен 0.3. В этом случае:

$$L_1 = 10 \lg \left( \frac{140 \cdot 0.001}{10^{-12}} \right) = 113.8 \text{ дБ},$$

$$L_{p.ш.} = 113.8 + 10 \lg \left( 1 + \frac{4}{630 \cdot 0.3} \right) = 113.9 \text{ дБ}$$

### 5.3 Нормативы уровня шума

Интенсивный шум приводит к профессиональным заболеваниям органов слуха. Наиболее неблагоприятным для органов слуха является высокочастотный шум (1000 - 4000 Гц). Шум, особенно прерывистый, импульсивный, ухудшает точность выполнения операций, затрудняет мышление человека.

Нормирование шума ведется в двух направлениях: гигиеническое нормирование и нормирование шумовых характеристик машин ГОСТ 8.055-73. Действующие нормы шума на рабочих местах регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Общие требования безопасности”. Для постоянных шумов нормирование ведется по предельному спектру шума.

Предельным спектром шума – называется совокупность нормативных уровней звукового давления в восьми октавных полосах частот: 63; 155; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Для ориентировочной оценки ГОСТ допускает за характеристику постоянного шума на рабочем месте принимать уровень звука в дБА, измеряемый по шкале “А” шумометра и определяемый по формуле (4.3):

$$L_a = 20 \lg \left( \frac{P_a}{P_0} \right)$$

где  $P_a$  - среднеквадратическое звуковое давление с учетом коррекции шумометра, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$  - среднеквадратическое звуковое давление.

В производстве часто шум имеет не постоянный характер. Здесь наиболее удобно пользоваться средней величиной, называемой эквивалентным уровнем (по энергии) звука  $L_{экв}$  и характеризующей среднее значение энергии звука в дБА.

Следует заметить, что нормы устанавливают предельные значения параметров шума в различных производственных помещениях в зависимости от характера труда в них, а не от видов оборудования.

Зоны с уровнем звука выше 85 дБ следует обозначать знаками безопасности. Работающих в этой зоне людей администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты.

В зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе даже кратковременное пребывание работающих запрещается.



“Шумным” технологическим оборудованием считается оборудование, на рабочих местах которого уровни шума превышают допустимые по действующим нормам на 10 дБ.

Таблица 5.2 - Допустимые уровни звукового давления (дБ) и уровня звука (дБА) на постоянных рабочих местах

Вид помещения	Среднегеометрические значения частот основных полос								Уровни звука и эквивалент уровня звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни звукового давления								
КБ, лаборатории, медпункты.	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Управления (рабочие комнаты)	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Помещения и участки точной сборки	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны на территории предприятия	99	92	86	83	80	78	76	74	85

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате разработки данной дипломной работой было проведено полное исследование технологического процесса получения заготовки в готовую деталь “Гайка”. Важнейшим этапом проектирования технологии является назначение маршрутного техпроцесса обработки, выбор оборудования, режущего инструмента и станочных приспособлений.

Рассчитаны припуски аналитическим способом на поверхность детали.

В ДР отражены два метода назначений режимов резания – аналитический и по нормативам. Расчет режимов резания позволяет не только установить оптимальные параметры процесса резания, но и определить основное время на каждую операцию.

Рассчитаны нормы времени и произведен расчет точности токарной чистовой операции.

В результате изменений и последующих экономических расчетов определен положительный экономический эффект принятого технологического процесса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Выступления Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на открытии международной конференции «Историческое наследие ученых и мыслителей средневекового Востока, его роль и значение для современной цивилизации» (Самарканд, 15 мая 2014 года).
2. Выступление Президента Ислама Каримова на шестом заседании Азиатского форума солнечной энергии. <http://uza.uz/ru/politics/26197/>
3. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития в 2013 году и важнейшим приоритетным направлениям экономической программы на 2014 год
4. Барановский Ю. В. и др. Режимы резания металлов: Справочник //М.: НИИТавтопром. – 1995.
5. Горбачев А. Ф., Чеботарев В. Н., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Высшая школа, 1975.
6. Дальский А. М. и др. Справочник технолога машиностроителя //ТМ, Машиностроение. – 2000. – С. 941.
7. Общемашиностроительные нормативы времени. Справочник//М.: Москва – 1974.
8. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова.– М.: Машиностроение, 1985.
9. Станочные приспособления: Справ. Т.1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина и А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984