

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

## Определение коэффициента точности при технологической подготовке чистового перехода продольного точения

### 1. Цели и задачи контрольной работы

**Целью** контрольной работы является практическое использование теоретических знаний по расчету точности технологической операции на стадии технологической подготовки производства для расчета коэффициента точности размера детали на чистовом технологическом переходе продольного точения.

**Основные задачи** контрольной работы:

- получение навыков расчета суммарной погрешности обработки и коэффициента технологичности конструкции детали;
- проведение корректирующие мероприятия для получения значения коэффициента точности технологического перехода меньше единицы.

Контрольная работа включает:

- исходные данные для расчета;
- расчет коэффициента точности технологического перехода продольного точения поверхности типовой детали;
- проведение корректирующие мероприятия для получения значения коэффициента точности технологического перехода меньше единицы.

### 2 Основные теоретические сведения о расчете точности технологического перехода продольного точения

#### 2.1. Расчет коэффициента точности

Расчет коэффициента точности производится по формуле (1):

$$K_T = \Delta / T, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – суммарная погрешность обработки, мкм;

$T$  – допуск на размер обрабатываемой поверхности, мкм.

Суммарная погрешность обработки для диаметральных размеров в соответствии с рекомендациями [13 с. 160] рассчитывается по формуле (2):

$$\Delta = 2\sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_{и}^2 + 3\Delta_T^2} + \sum \Delta_{\phi}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – погрешность установки заготовки в приспособлении;

$\Delta_y$  – погрешность из-за упругих отжатий технологической системы;

$\Delta_n$  – погрешность из-за неточности настройки станка;

$\Delta_{и}$  – погрешность из-за размерного износа режущего инструмента;

$\Delta_T$  – погрешность из-за температурных деформаций элемента технологической системы;

$\sum \Delta_{\phi}$  – суммарная погрешность формы поверхности детали.

Первые пять слагаемых в формуле (2) являются случайными величинами, поэтому они суммируются под знаком корня [13, с. 159], элементы погрешности  $\varepsilon$ ,  $\Delta_y$ ,  $\Delta_n$  рассматриваются по закону, близкому к нормальному,  $\Delta_i$  – по закону равной вероятности.

## **2.2. Расчет погрешности установки заготовки а приспособлении**

Погрешность установки заготовки в приспособлении  $\varepsilon$  вычисляют с учетом погрешностей  $\varepsilon_6$ , закрепления  $\varepsilon_3$  заготовки и погрешности изготовления и износа опорных элементов приспособлений.

С учетом того, что составляющие погрешности установки являются случайными величинами, погрешность установки рассчитать по формуле (3):

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\Pi}^2} \quad (3)$$

Так как погрешность приспособления учитывается при расчетах точности отдельно, поскольку она не связана с процессом установки заготовки, то формула (4) примет вид:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (4)$$

В данной контрольной работе при расчете точности рекомендуется определять погрешность установки  $\varepsilon$  по [11, таблица 12-18, с. 41-48], если же это невозможно, то необходимо производить расчеты составляющих погрешности установки в соответствии с рекомендациями [11].

## **2.3. Расчет погрешности из-за упругих отжатию технологической системы под действием сил резания**

В контрольной работе рекомендуется производить упрощенный расчет упругих отжатию элементов технологической системы под действием сил резания по формуле (5):

$$\Delta_y = \frac{P_y \cdot H}{P_o}, \quad (5)$$

где  $H$  – наибольшее смещение элементов технологической системы в радиальном направлении в мкм при приложении к ним статической силы  $P_o(H)$ , [11, таблица 11, с. 28-38].

Значение силы резания производится по данным справочника [12].

## **2.4. Расчет погрешности из-за неточности настройки станка**

Под настройкой (наладкой) технологической системы на размер понимают согласованную установку размерного инструмента, рабочих органов станка и приспособления, которое позволяет получить размер в пределах допуска.

При обработке поверхностей вращения при обеспечении точности в радиальном направлении погрешность настройки рассчитывается по формуле (6)

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + \left(K_{\text{и}} \cdot \frac{\Delta_{\text{изм}}}{2}\right)^2}, \quad (6)$$

где  $\Delta_p$  – погрешность регулирования (установки) положения инструмента (по лимбу, эталону, жесткому упору и т.д.) [11, таблицы 25, 26, с. 71];

$\Delta_{\text{изм}}$  – случайная погрешность измерения (7)

$$\Delta_{\text{изм}} = 0,6\delta, \quad (7)$$

где  $\delta$  – допустимая погрешность измерения [11, таблица 27, с. 72];  
 $K_p$ ,  $K_{\text{и}}$  – коэффициенты, учитывающие отклонение закона распределения элементарных величин  $\Delta_p$  и  $\Delta_{\text{изм}}$  от нормального закона распределения.

$K_p=1,14 \div 1,73$ ;  $K_{\text{и}}=1$  [11, с.70].

## 2.5. Расчет погрешности из-за размерного износа режущего инструмента

Размерный износ измеряют в нормали к обрабатываемой поверхности. Погрешность из-за размерного износа режущего инструмента  $\Delta_{\text{и}}$ , мкм определяется по формуле (8):

$$\Delta_{\text{и}} = \frac{L}{1000} \cdot u_0, \quad (8)$$

где  $u_0$  – относительный размерный износ резца при чистовом точении на 1000 м пути резания в мкм/мм [11, таблица 28, с. 74];

$L$  – полная длина пути резания для партии заготовок, м (9)

$$L = L_N + L_{\text{н}}, \quad (9)$$

где  $L_N$  – длина пути резания при обработке партии заготовок (10), м;

$L_{\text{н}}=1000$  м – длина, на которую увеличивают полученную расчетную длину  $L_N$  для вычисления интенсивности износа инструмента на начальном участке кривой износа.

$$L_N = L_3 \cdot N, \quad (10)$$

где  $L_3$  (11) – длина пути резания при точении одной заготовки, м;

$N_3$  – число заготовок, обрабатываемых в период между подналадками станка (партия запуска) (12).

$$L_3 = V \cdot t_0 \quad (11)$$

$$N_z = L_T / L_3 \quad (12)$$

где  $L_T$  – длина пути резания за период стойкости, м (13)

$$L_T = v \cdot T \quad (13)$$

## 2.6. Расчет погрешности из-за температурных деформаций элемента технологической системы

Для состояния теплового равновесия консольно-закрепленных резцов удлинение резца  $\Delta l$ , равное температурной деформации  $\Delta t$  можно определить по эмпирической формуле (14):

$$\Delta_T = \Delta l = C \cdot \frac{L_p}{F} \cdot \sigma_b \cdot (t \cdot S)^{0,75} \cdot \sqrt{V} \cdot K_T, \quad (14)$$

где  $C=4,5$  – постоянная (при  $t \leq 1,5$  мм;  $S \leq 0,2$  мм/об,  $V=100-200$  м/мин);

$L_p$  – вылет резца, мм;

$F$  – площадь поперечного сечения резца, мм<sup>2</sup>;

$\sigma_b$  – предел прочности материала на растяжение, кг/мм<sup>2</sup>;

$K_T = t_o/t_{шт}$  – коэффициент, учитывающий охлаждение резца из-за перерывов в работе.

## 2.7. Расчет суммарной погрешности формы поверхности детали

Суммарная погрешность формы обработки внешней поверхности определяется по формуле (15)

$$\Sigma \Delta_{ср} = \Delta_{ср.прод} + \Delta_{ср.поп}, \quad (15)$$

где  $\Delta_{ср.прод}$ ,  $\Delta_{ср.поп}$  – погрешность формы обработанной поверхности заготовки в продольном и в поперечном направлениях (сечении) [11, таблица 23, с. 54].

## 2.8. Проведение корректирующих мероприятий для получения значения коэффициента точности технологического перехода меньше единицы

Коэффициент точности должен быть меньше единицы ( $K_T < 1$ ) и чем более жестко выполняется это условие, тем больше запас точности.

Если в результате расчета получено значение  $K_T > 1$ , то нужно изменить условия обработки. Можно изменить тип станка, вид приспособления, характеристики инструмента для определенного типа производства.

Например, для уменьшения погрешности установки  $\varepsilon$  можно трехкулачковый патрон заменить на цанговый или мембранный, ввести дополнительную обработку установочной базы;

Для уменьшения погрешности из-за упругих отжатию  $\Delta u$  элементов технологической системы можно применить более жесткий станок, например, большего типоразмера, уменьшить силу резания за счет уменьшения подачи, глубины резания (увеличения числа рабочих ходов).

Для снижения погрешности настройки  $\Delta n$  станка можно применить более точный метод наладки станка на размер. Например, вместо настройки по жесткому упору применить настройку по индикаторному упору.

Для уменьшения размерного износа режущего инструмента можно изменить материал режущего инструмента, например ВК6 заменить на ВК3.

Для снижения погрешности из-за температурных деформаций резца можно увеличить вылет резца, применить резец с большим сечением державки, подходящей для выбранного станка.

Для снижения суммарной погрешности формы можно применить станок более точного класса, например П вместо Н.

### **3. Исходные данные для расчета**

В качестве исходных данных для выполнения контрольной работы следует выбрать:

1. Чертежи крышки и ее отливки из отчета по практическому занятию 3 (ПР3) по дисциплине: «Основы технологии машиностроения» (ОТМ);
2. Отчет по практическому занятию 1 (ПР1) по дисциплине «Технология машиностроения» (ТМ).
3. Характеристики материала детали: марка, твердость, предел прочности.
4. Токарно-револьверный станок: модель, предельные размеры штучной заготовки и прутка, вид револьверной головки, предельные частоты вращения и подачи.
5. Материал режущей пластины токарного резца для чистовой (получистовой) обработки чугуна – ВК6.
6. Размеры державки резца (например,  $12 \times 12$  мм).
7. Геометрические параметры режущей части инструмента (например,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $r = 1$  мм).
8. Размеры обработанной поверхности (диаметр и длина). Например ( $D = 180^{+9}_{-0,1}$ ),  $l = 100$  мм).
9. Объем выпуска деталей N.
10. Партия запуска деталей в производство n.
11. Период стойкости инструмента T, мин.

#### **4. Пример расчета коэффициента точности на технологическом переходе продольного точения**

##### **4.1 Исходные данные для расчета**

1. В качестве примера из презентации ПРЗпо ОТМ выбрана крышка (рис.1), и чертеж отливки этой крышки (рис.2).

2. Для этой крышки, из ПР1 по ТМ, коэффициент точности рассчитывается для перехода полуступового точения посадочной поверхности крышки на токарно-револьверной операции. В примере точность рассчитывается для окончательного размера детали  $\phi 52e9$ , и там этот переход следует за переходом черногого точения. В заданиях для студентов, когда точность этого размера  $d11$ , такой переход является единственным на токарной операции, на котором снимается весь припуск на точение. Условно принимаем, что токарно-револьверная операция состоит только из этого перехода.

3. Материал детали серый чугун СЧ15 по ГОСТ1412-85, имеющий твердость HB196 (HB 163-229) и  $\sigma_B=15\text{кгс/мм}^2$ .

4. Выбираем токарно-револьверный станок модели 1Г340П, т. к. экономические данные по этому станку и токарному станку 16К20, который может быть выбран в качестве альтернативного станка, при экономическом расчете, есть в справочнике [10]. У станка модели 1Г340П наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной - 400мм, т. е. крышку диаметром 87мм на нем обработать можно.

В отчете необходимо поместить часть табл. 1 с характеристиками станка 1Г340П. При этом следует учесть дополнительные данные из паспорта станка.

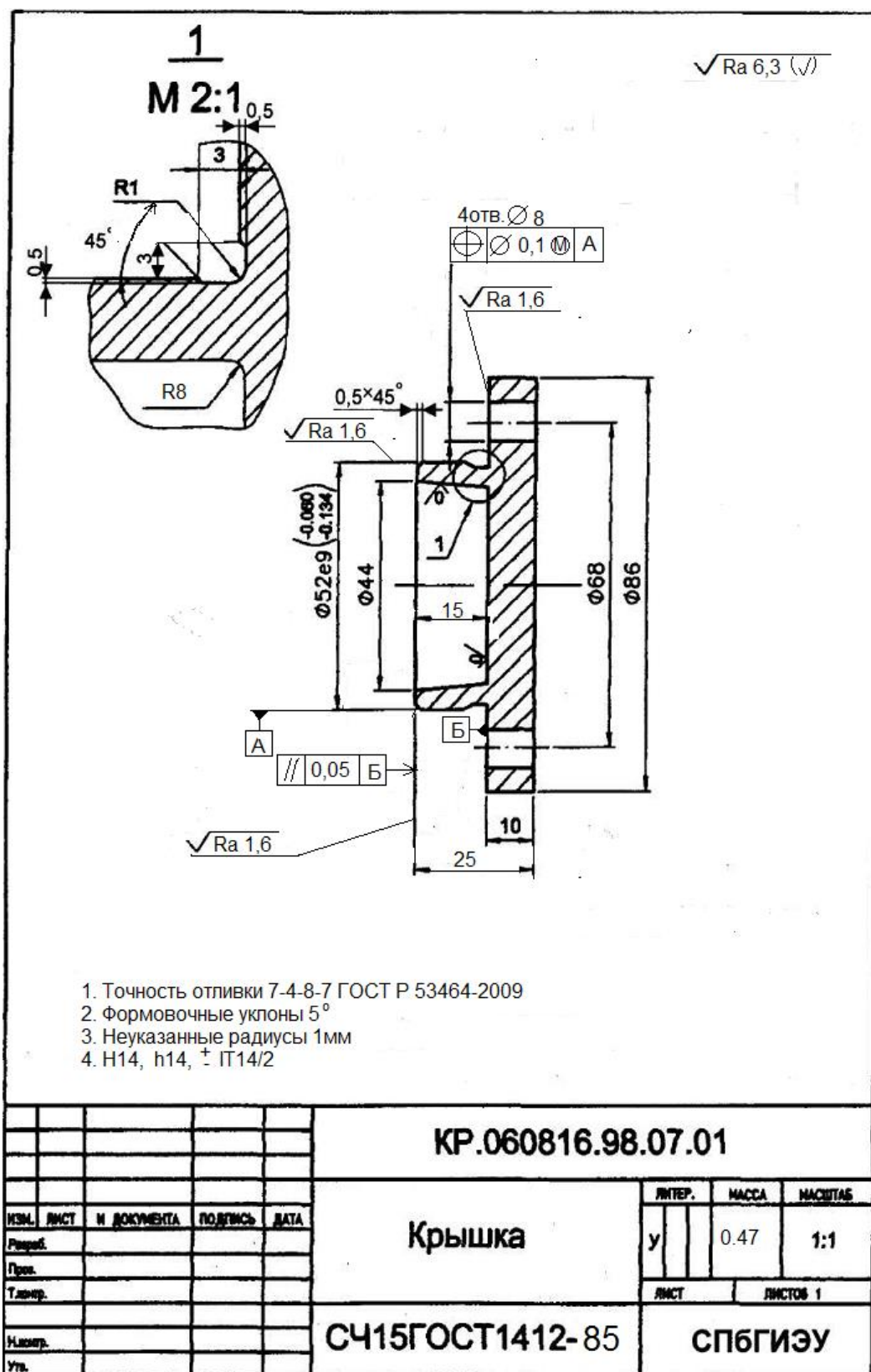


Рис. 1. Чертеж крышки

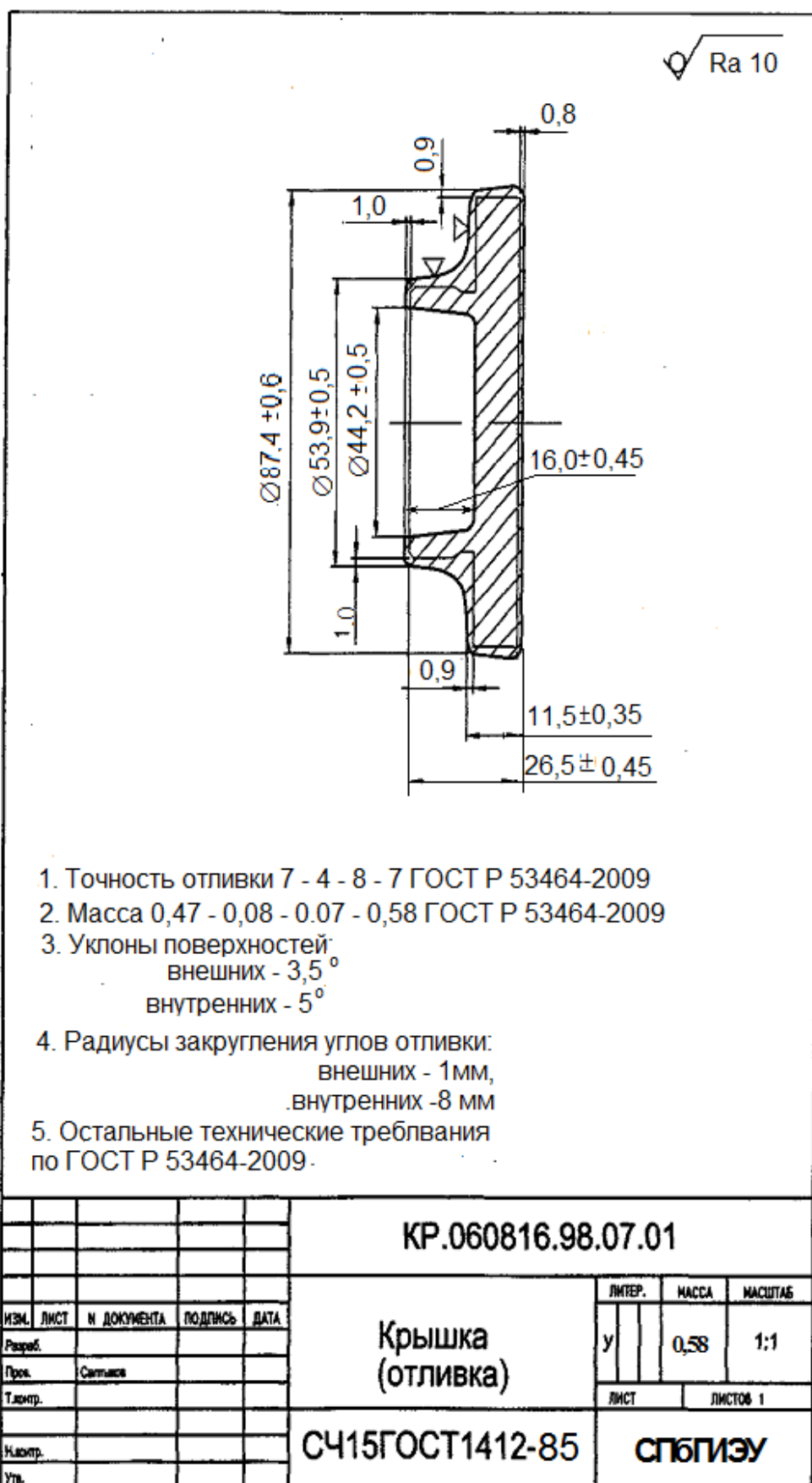


Рис.2 Чертеж отливки крышки.



Механизм главного движения:

частоты вращения шпинделя в I диапазоне, мин<sup>-1</sup> ..... 45, 90, 180, 355, 710, 1400  
 частоты вращения шпинделя во II диапазоне, мин<sup>-1</sup> ..... 63, 125, 250, 500, 1000, 2000

Механизм подач:

величины продольных подач в I диапазоне, мм/об ..... 0,035; 0,067; 0,125; 0,236; 0,45; 0,85  
 величины продольных подач во II диапазоне, мм/об ..... 0,067; 0,125; 0,236; 0,45; 0,85; 1,6  
 величины поперечных подач в отношении к продольным подачам ... 1 : 2  
 наибольшее усилие, допускаемое механизмом подач, кН:  
 продольных ..... 5,88  
 поперечных ..... 2,94

Таблица 1

Характеристики токарно-револьверных станков.

Параметры	1Е316	1Д316П; 1Д316	1Г325	1Г325П	1Г340; 1Г340П	1В340Ф30
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	18	18	25	25	40	40
Наибольшая длина подачи прутка	50	—	80	80	100	120
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной	—	250	320	320	400	400
Наибольшие размеры обточки штучных заготовок в патроне:						
диаметр	80	80	—	120	200	—
длина	50	50	—	50	—	—
Расстояние от торца шпинделя до передней грани револьверной головки	350 (наиб.)	75—250	70—400	70—500	120—630	220—530
Наибольшее рабочее перемещение поперечного суппорта (ручное)	120	—	80	—	—	110
Частота вращения шпинделя, об/мин	100—4000	100—4000	80—3150	80—3150	45—2000	45—2000
Продольная подача револьверного суппорта (шпиндельной бабки), мм/об (мм/мин)	0,04—0,4	0,04—0,4	—	0,04—0,5	0,035—1,6	(1—2500)
Круговая (поперечная) подача револьверной головки (поперечного суппорта), мм/об (мм/мин)	—	—	—	0,028—0,315	0,02—0,8	(1—2500)
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,7 или 2,2	1,7 или 2,2	2,6 или 3	3,2 или 5,3	6,0 или 6,2	6,0 или 6,2
Габаритные размеры:						
длина	3662	1770	3980	4015	5170	2840
ширина	751	800	1000	1000	1200	1770
высота	1610	1500	1555	1500	1400	1670
Масса с приставным оборудованием, кг	1900	1028	1300	1690	3000	3600

Револьверная головка станка имеет следующие размеры по паспорту станка (Рис.3). Размер, определяющий диаметр присоединяемой державки для резца  $\phi 30A = \phi 30H7$ .

5. Материал режущей пластины токарного резца для чистовой (получистовой) обработки чугуна – ВК6.

6. Выбираем размеры сечения резца исходя из посадочного отверстия для хвостовика державки в револьверной головке станка. В отверстии револьверной головки может разместиться стандартная державка с ближайшим диаметром хвостовика меньшим  $\phi 30H7$  этого отверстия. Выбираем державку 6504-0201 ГОСТ19022-73 с  $\phi 25$ мм, которая крепится в отверстии револьверной головки винтом. Эта державка предназначена для крепления резца 2101-0005 ВК6 ГОСТ 18879-73-токарного упорного

правого, типа 1, сечением  $h \times b = 12 \times 12$  мм, длиной 70 мм, с углом врезания режущей пластины из твердого сплава марки ВК6 в стержень  $10^\circ$ .

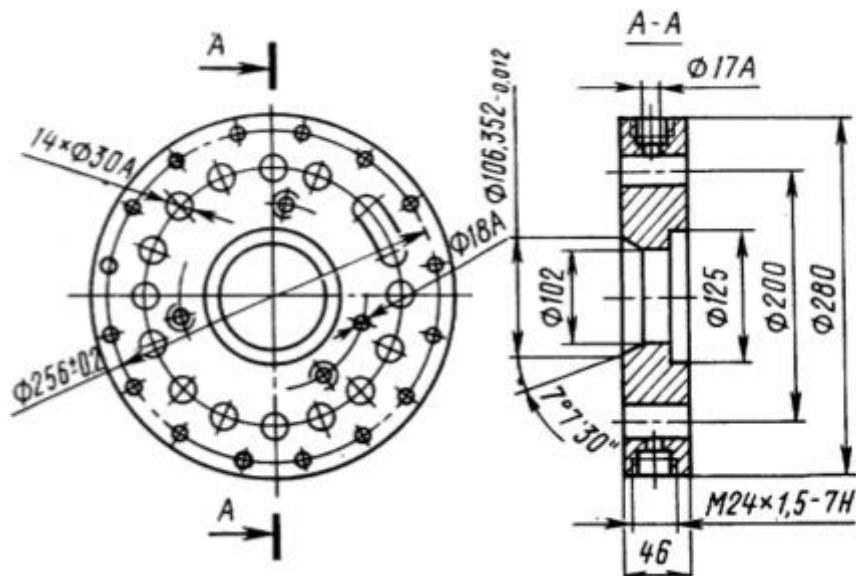


Рис.3. Револьверная головка станка.

7. Геометрические параметры режущей части инструмента  $\phi = 90^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $r = 1$  мм..

8. В рассматриваемом примере (см. ПР1 по ТМ) номинальный диаметр заготовки перед выполнением перехода чистового точения  $d = 53.82$  мм, а после выполнения этого перехода получится диаметр  $52.464h13_{(-0.19)}$  мм с допуском  $T = 190$  мкм. Достигнуто значение шероховатости  $R_z = 32$  мкм, а  $R_a = 8$  мкм.

9. Объем выпуска деталей  $N = 8000$  шт/год..

10. Партия запуска деталей в производство  $n = 300$  шт.

11. Период стойкости инструмента  $T = 60$  мин.

Рассматриваемая деталь относится к классу втулок, поэтому можно выбрать типовой маршрут изготовления глухой крышки [], приведенный в презентации ПР2 по ОТМ:

- заготовительная операция – отливка в кокиль;
- операции механической обработки: токарная: предварительное точение наружных поверхностей (цилиндрической и торцевой) при базировании по черновым базам (конструкторским базам крышки); токарная (однократное получистовое точение): подрезка торцов, точение цилиндра, прорезка канавки и точение фаски при базировании по наружным цилиндру и торцу; сверлильная- сверление четырех крепежных отверстий при базировании по конструкторской цилиндрической базе и наружному торцу, упирающемуся в подшипник при сборке; круглошлифовальная: шлифование цилиндра и двух торцов при

базировании по наружным: цилиндру и торцу.

Конструкция детали позволяет без особых трудностей выполнить все выше представленные операции и переходы.

#### **4.2. Расчет погрешности установки заготовки а приспособлении**

На переходе получистового точения, выполняемом на одной токарной операции вслед за переходом чернового точения,  $\varepsilon = 0$ , так как заготовка после чернового перехода не переустанавливается.

В случае, когда на токарной операции имеется только один переход получистового точения, выполняемый при установке в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне заготовки с чисто обработанной базой на предыдущей токарной операции, смещение заготовки с диаметром базы от 80 до 120 мм в радиальном направлении –  $\varepsilon = 80$  мкм [11, таблица 13, с. 42].

#### **4.3. Расчет погрешности из-за упругих отжатий технологической системы под действием сил резания**

Предварительно необходимо определить силу резания  $P_y$  по формуле (17):

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (17)$$

где  $C_p = 54$  – коэффициент, [12, таблица 22, с. 273];  
 $x = 0.9$ ,  $y = 0.75$ ,  $n = 0$  – показатели степени, при наружном продольном точении заготовки из серого чугуна резцом из твердого сплава;  
 $t$  – глубина резания в мм, (16);

$$t = \frac{2z_2^{\text{ном}}}{2} = \frac{1.356}{2} = 0.678 \text{ мм}, \quad (16),$$

где  $2z_2^{\text{ном}}$  – значение номинального припуска на диаметр обрабатываемой поверхности, взятое из ПР1 по ТМ;

$s$  – подача, выбираемая из рис.4, [9, карта 3] для достижения заданной шероховатости  $Ra = 8$  мкм, что соответствует четвертому классу чистоты по старому стандарту. При обработке чугуна, резцом с закруглением радиуса вершины  $r = 1$  мм, для достижения 4 класса чистоты  $s = 0.4 - 0.5$  мм/об;

$V$  – скорость резания, выбираемая из рис.(5, 6), [9, карта 9, лист 1]. При подаче  $s = 0.42$  мм/об, твердости чугуна HB170-225, глубине резания  $t$  до 0.8 мм, при наружном продольном точении резцом с углом  $\varphi = 90^\circ$  –  $V = 114$  м/мин. Частота вращения шпинделя (18):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 114}{\pi \cdot 53.8} = 674 \text{ мин}^{-1} \quad (18)$$

Выбираем ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя по паспорту станка  $n=500 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда уточненное значение скорости резания равно (19):

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 53.8 \cdot 500}{1000} = 84.4 \frac{m}{\text{мин}} \quad (19)$$

$K_p$  – поправочный коэффициент (20):

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (19)$$

где  $K_{mp}=1.01$  (21) – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [12, таблица 9, с. 264] при точении серого чугуна резцом из твердого сплава;

$$K_{mp} = \left\{ \frac{HB}{190} \right\}^n = \left\{ \frac{196}{190} \right\}^{0.4} = 1.01 \quad (21)$$

$K_{\varphi p}=0.5$ ,  $K_{\gamma p}=1.4$ ,  $K_{\lambda p}=1$  коэффициенты, учитывающие влияние конструктивных параметров режущей части инструмента на составляющую силы резания [12, таблица 23, с. 275].

ПОДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАДАННОЙ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ			Точение		
Резцы с пластинками из твердого сплава и быстрорежущей стали			КАРТА 3		
Класс чисто- ты	Обрабатываемый материал	Диапазон скоростей резания $v$ в м/мин	Радиус при вершине резца $r$ в мм		
			0,5	1,0	2,0
Подача $s$ в мм/об					
▽4	Сталь углеродистая и легированная	<50 >50	0,3—0,5 0,4—0,55	0,45—0,6 0,55—0,65	0,55—0,7 0,65—0,7
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	Весь диапазон скоростей	0,25—0,4	0,40—0,5	0,5—0,6
▽5	Сталь углеродистая и легированная	<50 >50	0,18—0,25 0,25—0,3	0,25—0,3 0,3—0,35	0,3—0,4 0,35—0,5
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	Весь диапазон скоростей	0,15—0,25	0,25—0,4	0,4—0,5
▽6	Сталь углеродистая и легированная	<50 50—100 >100	0,10 0,11—0,16 0,16—0,2	0,11—0,15 0,16—0,25 0,2—0,25	0,15—0,22 0,25—0,35 0,25—0,35
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	Весь диапазон скоростей	0,1—0,15	0,15—0,20	0,2—0,35

Рис. 4. Подачи в зависимости от класса чистоты обработанной поверхности.

# СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ

Чугун серый. Резцы с пластинами из твердого сплава ВК6

Точные и расчетные

КАРТА 9, лист 1

Группа твердости по Бринеллю HB\*

143-173

170-212

217-269

Подача  $s$  в мм/об до

Глубина резания  $t$  в мм до

0,8

1,8

4

9

20

—

—

—

0,8

1,8

4

9

20

—

0,14

0,23

0,42

0,56

0,75

1,0

1,3

0,14

0,23

0,42

0,56

0,75

1,0

1,3

0,14

0,23

0,42

0,56

0,75

1,0

1,3

0,14

0,23

0,42

0,56

0,75

1,0

1,3

0,14

0,23

0,42

0,56

0,75

1,0

1,3

0,14

0,23

0,42

0,56

0,75

1,0

1,3

—

—

—

—

—

—

—

\* Даны в мм. Классификация групп твердости чугуна по маркам см. в приложении 17, лист 1.

\* Данные в таблице относятся к группам твердости чугуна по маркировке в приложении 1, лист 1.

Рис.5 Скорости резания при точении чугуна (верхняя часть карты 9 лист 1).



Характер обработки	Главный угол и шаг у в 2,000	Скорость резания v в м/мин														
		174	154	137	122	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37	33
Наружное продольное и поперечное токарные при отклонении диамет- ров на 0,01 мм и конеч- ной обработки $\frac{d}{D} = 0,5 - 1,0$	45—60															
	90	141	128	114	101	90	80	71	63	56	50	44	39	35	31	28
Поперечное токарное при отклонении диамет- ров на 0,01 мм и конеч- ной обработки $\frac{d}{D} = 0,5 - 0,7$	45—60	209	186	165	147	130	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40
	90	174	154	137	122	108	96	86	76	64	57	53	47	40	35	31
Расширившие (до D=500 мм)	45—60	157	140	124	110	98	87	77	69	61	55	48	43	38	34	30
	90	130	116	103	92	81	72	64	57	51	45	40	36	32	28	25
Поправочные коэффициенты на скорость резания для различных условий работы в зависимости от																
1) марка твердого сплава				2) состояние поверхности												
Марка	ВК6	ВК8	ВК10	ВК12	С юркой											
Коэффициент $K_{a_1}$	1,0	0,83	1,15	1,2—1,25	Коэффициент $K_{a_2}$											
	1,0	0,83	1,15	1,2—1,25	1,0											
					0,8—0,85											
					0,5—0,6											

Примечание: Мощность резания см. в карте 12.

Рис.6. Скорости резания при точении чугуна (нижняя часть карты 9 лист 1).

Коэффициент  $K_{a_1}$  не учитывается при обработке заготовок резцами из твердого сплава.

В результате поправочный коэффициент равен:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} = 1.01 \cdot 0.5 \cdot 1.4 \cdot 1 = 0.71$$

Тогда сила резания  $P_y$  равна:

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 54 \cdot 0.68^{0.9} \cdot 0.42^{0.75} \cdot 84.4^0 \cdot 0.71 = 101H$$

Далее находим из [11, табл. 11, с.29] наибольшее перемещение относительно оправки системы шпиндель-револьверная головка  $H=80$ мкм при силе  $P_0=1960H$ , для токарно-револьверных станков нормальной точности с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка до 40мм при зажимной и подающей трубах. Учитывая, что станок 1Г340П имеет повышенную точность, то силу  $P_0$  уменьшаем в 1.25 раза.  $P_{01}=P_0/1.25=1960/1.25=1568H$ , а наибольшее допустимое перемещение в 1.6 раза,  $H_1=H/1.6=80/1.6=50$ мкм.

Тогда погрешность из-за упругих отжатий технологической системы под действием сил резания равна:

$$\Delta_y = \frac{P_y \cdot H_1}{P_{01}} = \frac{101 \cdot 50}{1568} = 3.2 \text{ мкм}$$

#### 4.4. Расчет погрешности из-за неточности настройки станка

1. Определим  $\Delta_p=3$ мкм – погрешность регулирования (установки) положения инструмента по индикаторному упору с ценой деления прибора 0.002мм, [11, табл. 26, с. 71];

2. Рассчитаем  $\Delta_{изм}$  -допустимую погрешность измерения из [11, таблица 27, с. 72], для интервала размеров от 50 до 80 мм-  $\delta=90$ мкм. Тогда случайная погрешность измерения определяется по формуле (7):

$$\Delta_{изм} = 0,6 \cdot \delta = 0.6 \cdot 90 = 54 \text{ мкм}$$

3. Определим значения коэффициентов, учитывающих отклонение закона распределения элементарных величин  $\Delta_p$  и  $\Delta_{изм}$  от нормального закона распределения:  $K_p=1,14$ ;  $K_{и}=1$  [11, с.70].

4. Рассчитаем погрешность из-за неточности настройки станка (6):

$$\Delta_n = \sqrt{(1.14 \cdot 3)^2 + \left(1 \cdot \frac{54}{2}\right)^2} = 27.2 \text{ мкм}$$

#### 4.5. Расчет погрешности из-за размерного износа режущего инструмента

1. Определим расчетную длину обработанной поверхности  $L_p$  на переходе полукругового точения. Для этого используем эскиз детали с обозначением обрабатываемых поверхностей (рис.7).

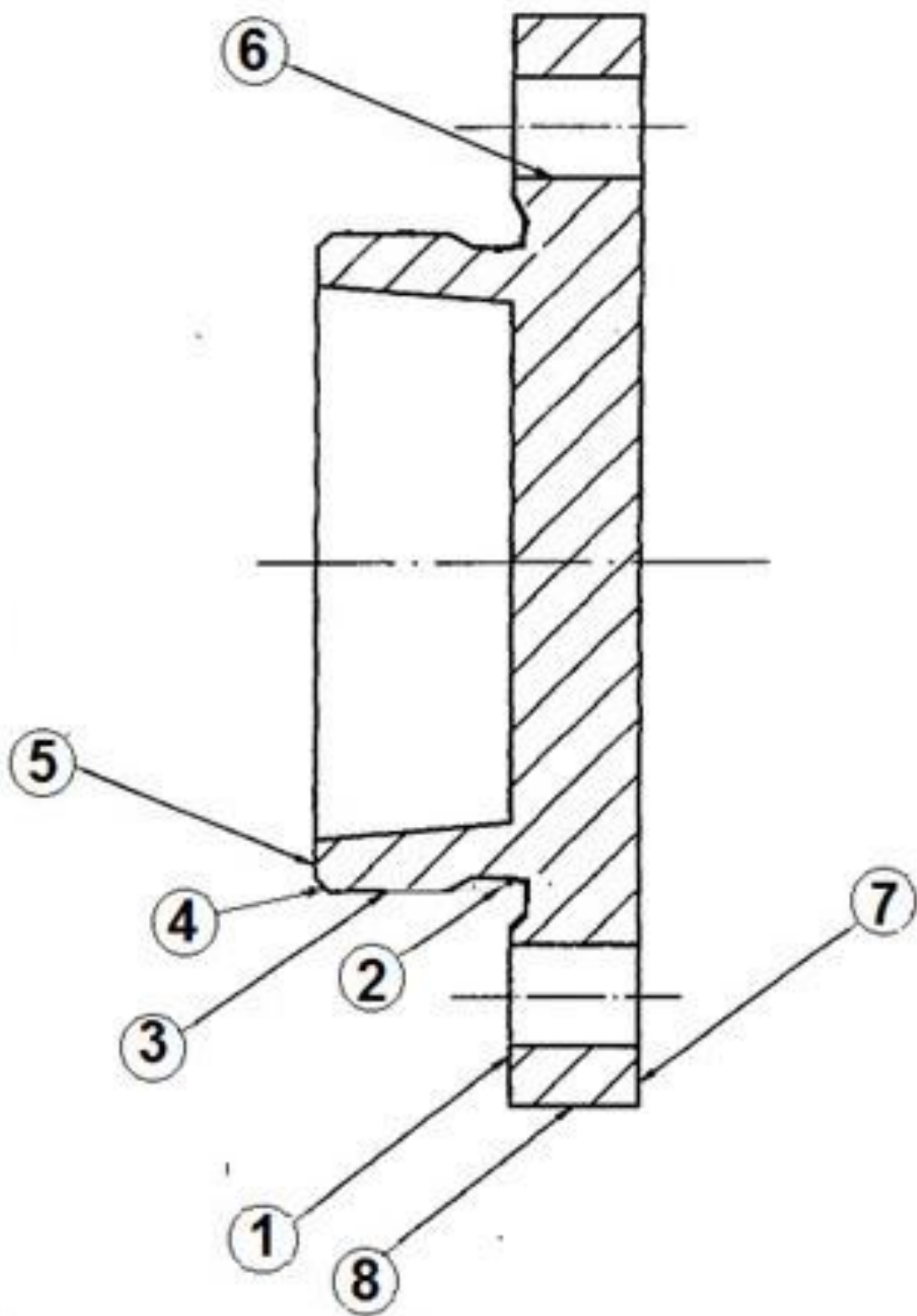


Рис.7. Эскиз детали с обозначением обрабатываемых поверхностей.

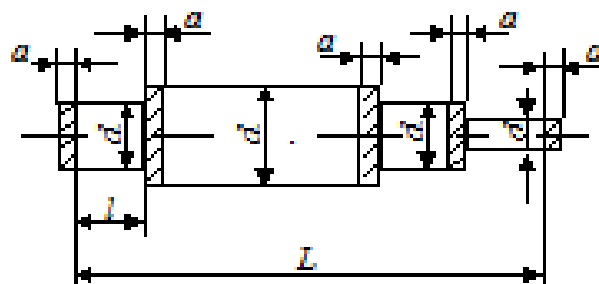
Токарной обработке поверхности 3 предшествует переход подрезки торца 5 (рис.7). На основании табл3. из презентации ПР2 по ОТМ для



обеспечения шероховатости  $Ra=1.6\text{мкм}$ , учитывая, что на этом торце есть канавка для выхода шлифовального круга (рис.1), необходимо выбрать два метода обработки: подрезка торца однократная (с режимами чистового точения), и шлифование однократное (с режимами предварительного шлифования). Припуск на шлифование этого торца выбираем из табл.2 [7].

Таблица 2

Припуски на шлифование торцов цилиндрических заготовок



Диаметр обрабатываемой детали, $d$	Общая длина обрабатываемой детали					
	до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500
	Припуск					
1	2	3	4	5	6	7
Шлифование						
До 30	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
Св. 30 до 50	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
>> 50 >> до 120	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
>> 120 >> 260	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
>> 260	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
Допуск на длину	-0,12	-0,17	-0,23	-0,3	-0,4	-0,5

Из чертежа обрабатываемой заготовки (рис.2) при ее длине  $l_3=26.5\text{мм}$ , попадающей в интервал от 18 до 50мм, и диаметре 53.9мм, попадающем в интервал от 50 до 120мм припуск на шлифование  $\Pi_{\text{шл}}=0.3\text{мм}$ .

Тогда длина обрабатываемой поверхности цилиндра 3 равна:

$$L_{\text{обр}} = l_3 - \Pi_{\text{шл}} = 26.5 - 11.5 - 0.3 = 14.7 \text{ мм.}$$

Расчетная длина  $L_p$  на переходе лучистового точения цилиндра 3 равна:

$$L_p = L_{\text{обр}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 14.7 + 4 = 18.7 \text{ мм,}$$

где значения  $L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}$  выбираются из [25, приложение 1, лист 1] (рис. 8).  
для продольных проходных резцов с главным углом в плане  $\varphi = 90^\circ$

$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 3-5 \text{ мм.}$  Выбираем значение  $L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 4 \text{ мм.}$

ВЕЛИЧИНЫ ВРЕЗАНИЯ И ПЕРЕБЕГА ИНСТРУМЕНТА					Резцы						
					ПРИЛОЖЕНИЕ 1, лист 1						
1. Обработка одним резцом											
											
Тип резцов и характер обработки	Способ врезания	Угол резца в плане $\varphi$ в град	Глубина резания $t$ в мм								
			1	2	4	6	8	10	12	16	20
			Врезание и перебор $L_p$ в мм								
Резцы проходные, подрезные и расточные	—	45	2	3,5	6	8	11	13	15	18	24
		60	2	2,5	4	5	7	8	9	11	16
		75	2	2,5	3	4	5	6	6	7	10
		90	3—5								
Резцы отрезные и прорезные	—	—	2—5								

Рис. 8. Величины врезания и перебега инструмента при точении.

2. Рассчитаем основное время точения по формуле (22):

$$t_o = \frac{L_p}{S \cdot n} \cdot i = \frac{18.7}{0.42 \cdot 500} = 0.089 \text{ мин} \quad (22)$$

где  $i=1$  – число рабочих ходов на переходе лучистового точения цилиндра 3 (рис. 7).

3. Определяем  $u_0=14\text{мкм/мм}$  – относительный размерный износ резца при чистовом точении на 1000 м пути резания [11, таблица 28, с. 74].

4. Рассчитаем  $L_3$  (11) – длину пути резания при точении одной заготовки, м:

$$L_3 = V \cdot t_0 = 84.4 \cdot 0.144 = 12.2\text{м}$$

5. Рассчитаем  $L_T$  – длину пути резания за период стойкости инструмента, м (13):

$$L_T = v \cdot T = 84.4 \cdot 60 = 5064\text{м}$$

6. Рассчитаем  $N_3$  – число заготовок, обрабатываемых в период между подналадками станка (12):

$$N_3 = L_T / L_3 = 5064 / 12.2 = 415\text{шт.}$$

7. Рассчитаем  $L_N$  – длину пути резания при обработке число заготовок, обрабатываемых в период между подналадками станка, м (10):

$$L_N = L_3 \cdot N_3 = 12.2 \cdot 415 = 5063\text{м}$$

8. Рассчитаем  $L$  – полную длину пути резания для числа заготовок, обрабатываемых в период между подналадками станка, м (9):

$$L = L_N + L_H = 5063 + 1000 = 6063\text{м}$$

9. Рассчитаем погрешность из-за размерного износа режущего инструмента  $\Delta_n$ , (8):

$$\Delta_n = \frac{L}{1000} \cdot u_0 = \frac{6063}{1000} \cdot 14 = 85.\text{мкм} , \quad (8)$$

#### **4.6. Расчет погрешности из-за температурных деформаций элемента технологической системы**

1 Расчет штучного времени на технологическую операцию, включающую только переход получистового точения заготовки крышки.

а) Вспомогательное время определяется [8] по формуле (23):

$$t_B = t_{\text{бу}} + t_{\text{вп}} , \quad (23)$$

где  $t_{\text{бу}}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{\text{вп}}$  – вспомогательное время, связанное с технологическим переходом продольного точения выбранном станке, мин.

Вспомогательное время, связанное с переходом или обрабатываемой поверхностью  $t_{\text{вп}i}$ , рассчитывается по формуле (24):

$$t_{\text{вп}i} = t_{\text{вп}вк} + t_{\text{вп}нк} + t_{\text{вк}и} \quad (24)$$

Заготовка на данной операции устанавливается в трехлапчатом самоцентрирующем патроне. Поэтому можно выбрать  $t_{\text{бу}}=0.25\text{мин}$  из нормативов [8, карта 2] (рис.9) при установке детали в патроне с креплением ключом без выверки (т. к. деталь не очень точная) при весе детали до 1кг (0.58кг, из рис.2).

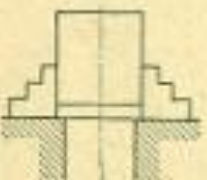
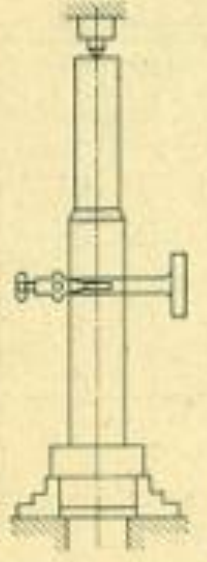
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ НА УСТАНОВКУ И СНЯТИЕ ДЕТАЛИ		Условия в самоцентрирующем патроне КАРТА 2									
		 									
		Вручную									
№ пош. мин	Способ установки детали	Вес детали в кг до									
		0,25	1	3	5	8	12	20	30	Время в мин	
1	В бесшпинном патроне без выверки	0,09	0,12	0,16	0,19	0,24	—	—	—		
2	В патроне с креплением ключом	0,17	0,25	0,35	0,42	0,50	0,65	0,80	0,96		
3		0,40	0,59	0,85	0,70	0,80	1,0	1,2	1,4		
4	В патроне с креплением пневматическим зажимом	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,4	2,8		
5	В патроне с креплением пневматическим зажимом	0,11	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,36	0,42		
6		0,25	0,35	0,40	0,47	0,55	0,65	0,80	1,0		
7	В патроне на столе станка (вертикальная ось патрона)	0,14	0,19	0,25	0,30	0,35	0,40	0,47	0,55		
8	В патроне с разрезной втулкой	0,19	0,28	0,38	0,50	—	—	—	—		

Рис9. Вспомогательное время на установку заготовки в трехкулачковом патроне.

Вспомогательное время на приемы, вошедшие в комплекс  $t_{\text{впвк}}=0.13$  мин при обработке на токарно-револьверном станке с горизонтальной осью шпинделя с продольной механической подачей при наибольшем диаметре прутка до 50мм (для III группы станков)) [8, карта 24, лист 2] (рис.10);

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ, СВЯЗАННОЕ С ПЕРЕХОДОМ

Револьверные станки

КАРТА 24, лист 2

Время на проход при работе на станках с горизонтальной осью вращения головки

№ позиции	Характер обработки. Способ установки инструмента на стружку	Вид подачи	Группа станков		
			I	II	III
			Наибольший диаметр обрабатываемого прутка в мм до		
			36	50	Св. 50
			Время в мин		
13	Обработка с продольной подачей	Механическая	0,10	0,13	0,15
14		Ручная	0,08	0,10	0,12

Рис10. Вспомогательное время, связанное с переходом продольного точения.

Следует учесть, что на предыдущем переходе подрезался торец 5 (рис.7), при том же числе оборотов, что и рассматриваемый переход точения цилиндра 3, с той же величиной подачи.

Вспомогательное время на приемы, не вошедшие в комплекс  $t_{впнк}$  [8, карта 24 лист 3] (рис.11):

- закрепить или открепить револьверную головку от продольного перемещения для станков группы 2 – 0.035мин.-

В результате:  $t_{впнк}=0.035$ мин.

Вспомогательное время на контрольные измерения  $t_{вки}$  (25):

Вспомогательное время на контрольные измерения цилиндра микрометром с точностью измерения 0.01мм, для измеряемого размера 52.464мм (до 100мм) и длиной измеряемой поверхности 14.7мм (до 50мм)  $t'_{вки}=0.22$ мин [8, карта 86, лист 7] (рис.12).

Коэффициент периодичности контрольных измерений  $k=0.9$  определяется из нормативов [8, карта 87, лист 1] (рис.13) для обтачивания 4-5 класса точности (11-14квалитетов) размера до 52.1мм (до 200мм), при обеспечении точности по лимбу.

Тогда:

$$t_{вки} = k \cdot t_{вки}^1 = 0.9 \cdot 0.22 = 0.20 \text{ мин} \quad (25)$$

В результате вспомогательное время, связанное с переходом равно:

$$t_{впi} = t_{впвк} + t_{впнк} + t_{вки} = 0.13 + 0.035 + 0.20 = 0.365 \text{ мин}$$



ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ, СВЯЗАННОЕ С ПЕРЕХОДОМ					Револьверные станки			
					КАРТА 24, лист 3			
Время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплексы								
№ позиции	Наименование приемов	Ось вращения револьверной головки						
		вертикальная				горизонтальная		
		Группа станков						
		I	II	III	IV	I	II	III
		Наибольший диаметр обрабатываемого прутка в мм до						
		12—25	36	65	110 и выше	36	50	св. 50
Время в мин								
25	Изменить число оборотов шпинделя	0,025	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07
26	Изменить величину подачи	0,03	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
27	Сменить резец поворотом резцовой головки суппорта	—	0,06	0,07	0,08	—	—	—
28	Повернуть ручной упор	—	0,02	0,02	0,02	—	—	—
29	Закрепить или открепить каретку от продольного перемещения	—	0,04	0,04	0,05	—	—	—
30	Закрепить или открепить револьверную головку от продольного перемещения	—	—	—	—	0,03	0,035	0,045
31	Связать детали, развертку, метчик	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05

Рис.11. Вспомогательное время на приемы, не вошедшие в комплекс.

Вспомогательное время на операцию равно:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{вы}} + t_{\text{вл}} = 0.25 + 0.365 = 0.615 \text{ мин}$$

б) Оперативное время рассчитывается по формуле (26):

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{в}} = 0.089 + 0.615 = 0.704 = 0.7 \text{ мин}$$

в) Время на обслуживание рабочего места  $\alpha_{\text{об}}=4.5\%$  от оперативного времени определяется из нормативов [8, карта 27] для наибольшего диаметра изделия, устанавливаемого над станиной 400мм (группа станка II), (рис.14).

г) Время на отдых и личные надобности  $\alpha_{\text{отд}}=4\%$  от оперативного времени определяется из нормативов [8, карта 88] (рис.15) для механической подачи.

д) Расчет штучного времени на технологическую операцию (26):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} \cdot \left( 1 + \frac{\alpha_{\text{об}} + \alpha_{\text{отд}}}{100} \right) = 0.7 \left\{ 1 + \frac{4.5 + 4}{100} \right\} = 0.76 \text{ мин} \quad (26)$$

е)  $K_{\text{т}} = t_{\text{о}}/t_{\text{шт}} = 0.089/0.76 = 0.12$  — коэффициент, учитывающий охлаждение резца из-за перерывов в работе

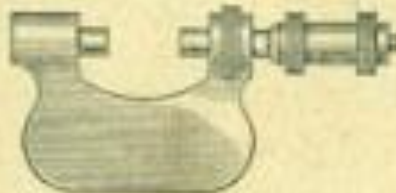
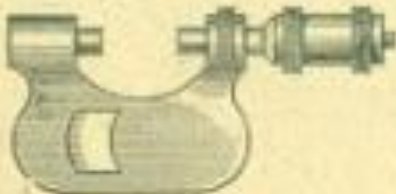
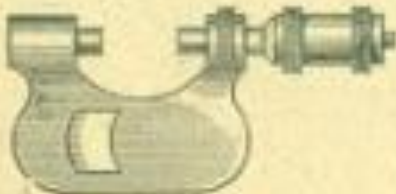
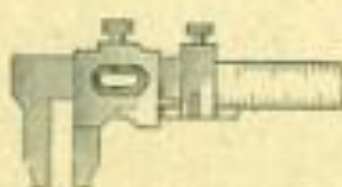
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ			Измерения КАРТА 86, лист 7								
№	Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер в мм	Длина измеряемой поверхности в мм до							
				50	100	200	300	500	1000	1500	2000
				Время в мин							
148		0,01 мм	50	0,18	0,20	0,24	0,26	0,40	0,48	—	—
149			100	0,22	0,28	0,30	0,32	0,48	0,55	—	—
150			200	0,27	0,29	0,33	0,36	0,50	0,60	—	—
151			300	0,32	0,33	0,36	0,40	0,55	0,65	—	—
152			400	0,35	0,39	0,40	0,46	0,60	0,70	—	—
153			600	A	0,45	0,49	0,50	0,55	0,70	—	—
154			B	0,40	0,45	0,45	0,50	—	—	—	
155		0,02 мм	800	A	0,60	0,65	0,65	0,80	0,95	—	—
156			B	0,60	0,65	1,1	0,95	—	—	—	
157		0,02 мм	20	0,20	0,25	0,40	0,50	0,70	0,80	—	—
158		0,01 мм	50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,35	—
159			100	0,12	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,40	—
160			200	0,16	0,17	0,22	0,22	0,30	0,30	—	—
161			300	0,20	—	—	—	—	—	—	—
162			400	0,22	—	—	—	—	—	—	—
163			600	A	0,28	—	—	—	—	—	—
164			B	0,26	—	—	—	—	—	—	—
165			800	A	0,35	—	—	—	—	—	—
166			B	0,45	—	—	—	—	—	—	—
167			1000	A	0,40	—	—	—	—	—	—
168			B	0,50	—	—	—	—	—	—	—
169			1500	A	0,50	—	—	—	—	—	—
170			B	0,65	—	—	—	—	—	—	—
171			2000	A	0,60	—	—	—	—	—	—
172			B	0,65	—	—	—	—	—	—	—
173			2500	A	0,75	—	—	—	—	—	—
174			B	1,0	—	—	—	—	—	—	—
175			3000	A	0,80	—	—	—	—	—	—
176			B	1,1	—	—	—	—	—	—	—
177		0,02 мм	50	0,20	0,24	0,28	0,30	0,30	0,40	0,50	0,65
178			100	0,25	0,27	0,32	0,35	0,35	0,45	0,60	0,75
179		0,02 мм	200	0,30	—	—	—	—	—	—	—
180			300	0,42	—	—	—	—	—	—	—

Рис.12. Вспомогательное время на контрольные измерения.

ПЕРИОДИЧНОСТЬ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЕТАЛИ НА ОПЕРАЦИЮ				Намерская КАРТА 87, лист 1		
Виды обрабатываемых поверхностей. Характер обработки	Точность измерения	Измеряемый размер в мм до	Способ достижения размеров обработок			
			Обеспечивает- ся конструк- тивной размерами режущего инструмента	Работа инстру- ментом, установ- ленным на размер	Работа с пробни- ми стружка- ми или по лимбу	Периодичность промеров — коэффициенты
Цилиндрические	Тоčenje, ра- стачивание, развертывание, наружное шли- фование и внутреннее протягивание	4—5-й классы	50 200 Св. 200	0,3 0,4 0,5	0,4 0,5 0,6	0,8 0,9 1,0
		2—3-й классы	50 200 Св. 200	0,4 0,5 0,6	0,5 0,6 0,7	1,0 1,0 1,0
		1-й класс	100	1,0	1,0	1,0
	Бесцентровое шлифование	4—5-й классы	100	—	0,01	—
		2—3-й классы		—	0,02	—
		1-й класс		—	0,03	—
	Хонингование, суперфиниш	1—2-й классы	—	—	1	—
Цилиндри- ческие и плоскости	Лапникование	1—2-й классы	—	—	1	—
Плоскости	Шлифование	0,01 мм	200	—	—	1,0
		0,05 мм	50 200 Св. 200	— — —	— — —	0,8 0,9 1,0
			50 200 Св. 200	— — —	— — —	0,7 0,8 0,9
		0,20 мм	50 200 Св. 200	— — —	— — —	0,4 0,6 0,8
			50 200 Св. 200	— — —	— — —	0,3 0,4 0,5
	Фрезерование, строгание	0,10 мм	50 200 Св. 200	— — —	0,2 0,3 0,4	0,7 0,8 0,9
		0,20 мм	50 200 Св. 200	— — —	0,1 0,2 0,3	0,5 0,6 0,7
			50 200 Св. 200	— — —	0,1 0,1 0,2	0,4 0,5 0,6
		0,50 мм	50 200 Св. 200	— — —	0,1 0,1 0,2	0,4 0,5 0,6
			Св. 0,50 мм	50 200 Св. 200	— — —	0,1 0,1 0,2

Рис.13. Коэффициент периодичности контрольных измерений



ВРЕМЯ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА И ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ		Револьверные станки с вертикальной осью вращения головки			
		КАРТА 25			
I. Время на обслуживание рабочего места					
		Группа станков			
		I	II	III	IV
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка в мм до . . . . .		12—25	36	65	110 и выше
Процент от оперативного времени . . . . .		4,0	4,5	5,0	5,5

Рис. 14. Время на обслуживание рабочего места.

ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВОВ НА ОТДЫХ И ЛИЧНЫЕ НЕДОБНОСТИ			КАРТА 88			
Характер подачи	Вес детали в кг до	Машинно- ручное время в оператив- ном в %	Оперативное время операции в мин до			
			0,1	0,2	0,5	1,0 выше
			Время в % от оперативного времени			
Ручная	1	20	7	6	5	4
		40	7	6	6	5
		80	7	7	7	7
	5	20	—	7	6	5
		40	—	7	6	6
		80	—	7	7	8
	10	20	—	—	7	5
		40	—	—	7	6
		80	—	—	8	8
	20 и выше	20	—	—	8	7
		40	—	—	8	8
		80	—	—	8	9
	Механическая	—	4	4	4	4
		—	4	4	4	4
		—	4	4	4	4

Рис.26. Время перерывов на отдых.

Исходные данные для расчета погрешности из-за температурных деформаций  $\Delta t = \Delta l$  (14):

$C=4.5$ ;  $t=0.678\text{мм}$ ;  $s=0.42\text{мм/об}$ ;  $V=84.4\text{м/мин}$ ;  $L_p=20\text{мм}$ ;  
 $F=12 \times 12=144\text{мм}^2$ ;  $\sigma_b=15\text{кгс/мм}^2$ ;  $K_T=0.12$ .

Тогда:

$$\Delta_T = \Delta l = C \cdot \frac{L_p}{F} \cdot \sigma_b \cdot (t \cdot s)^{0.75} \cdot \sqrt{V} \cdot K_T = 4.5 \cdot \frac{20}{144} \cdot 15 \cdot (0.678 \cdot 0.42)^{0.75} \cdot \sqrt{84.4} \cdot 0.12 = 4.4\text{мм}$$

#### 4.7. Расчет суммарной погрешности формы поверхности детали

При обработке заготовки на токарно-револьверном станке повышенной точности с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки 320-500 мм  $\Delta_{\text{ср.поп}}=8\text{ мкм}$ ,  $\Delta_{\text{ср.прод}}=12\text{ мкм}$  [11, таблица 23, с. 54-55].

Тогда суммарная погрешность формы детали равна (15):

$$\sum \Delta_{\text{ср}} = \Delta_{\text{ср.прод}} + \Delta_{\text{ср.поп}} = 8 + 12 = 20\text{мм}$$

#### 4.8. Расчет суммарной погрешности обработки

В результате суммарная погрешность обработки для диаметральных разменов равна (2):

$$\Delta = 2\sqrt{\epsilon^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_{\text{и}}^2 + 3\Delta_T^2} + \sum \Delta_{\text{ф}}$$

$$= 2\sqrt{0^2 + 3.2^2 + 27.2^2 + 3 \cdot 85^2 + 3 \cdot 4^2} + 20 = 170\text{мм}$$

#### 4.9. Расчет коэффициента точности

Коэффициент точности равен (1):

$K_T = \Delta / T = 170/190 = 0.89$ , что допустимо, и корректирующих мероприятий можно не проводить.

### 5 Проведение корректирующих мероприятий

В заданиях выданных студентам технологический переход полуступового продольного точения является единственным в токарной технологической операции. Тогда появляется погрешность установки.

Рассмотрим этот вариант для приведенного примера.

Тогда при установке в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне заготовки с чисто обработанной базой на предыдущей токарной операции, смещение заготовки с диаметром базы от 80 до 120 мм в радиальном направлении –  $\epsilon=80\text{ мкм}$  [11, таблица 13, с. 42].

Тогда суммарная погрешность обработки равна (2):

$$\Delta = 2\sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_n^2 + 3\Delta_T^2} + \sum \Delta_\phi$$

$$= 2\sqrt{80^2 + 3.2^2 + 27.2^2 + 3 \cdot 85^2 + 3 \cdot 4^2} + 20 = 190 \text{ мкм}$$

Формально коэффициент точности в этом случае равен 1, и можно Поэтому корректирующие мероприятия рекомендуется провести.

Наибольшей является погрешность, вызванная размерным износом инструмента, поэтому ее нужно, в первую очередь уменьшить. Это можно сделать, уменьшив относительный размерный износ инструмента  $u_0$ , например, применив резец с режущей пластиной из твердого сплава ВК2.

Тогда относительный размерный износ может быть равен  $u_0 = 4 \text{ мкм}$  [11, таблица 28, с. 74], т. е. почти в 3 раза меньше. Но, при этом поправочный коэффициент на скорость резания составит  $K_{nv} = 1.23$ .

Тогда скорость резания [9, карта 9, лист 1], равна  $V = 114 \times 1.23 = 140 \text{ м/мин}$ .

При этом число оборотов шпинделя равно (18):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 140}{\pi \cdot 53.8} = 828 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшее меньшее число оборотов шпинделя по паспорту станка равно  $n = 710 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда скорость равна (19):

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 53.8 \cdot 710}{1000} = 120 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Изменится основное время обработки (22):

$$t_o = \frac{L_p}{S \cdot n} \cdot i = \frac{18.7}{0.42 \cdot 710} = 0.063 \text{ мин}$$

Изменится  $L_3$  (11):

$$L_3 = V \cdot t_o = 120 \cdot 0.063 = 7.56 \text{ м}.$$

Изменится  $L_T$  (13):

$$L_T = v \cdot T = 120 \cdot 60 = 7200 \text{ м}.$$

Изменится  $N_3$  (12):

$$N_3 = L_T / L_3 = 7200 / 7.56 = 952 \text{ шт}.$$

Изменится  $L_n$  (10):

$$L_N = L_3 \cdot N_s = 7.56 \cdot 952 = 7197 \text{ м}.$$

Изменится  $L$  (9):

$$L = L_N + L_n = 7197 + 1000 = 8197 \text{ м}$$

Тогда погрешность из-за размерного износа режущего инструмента равна  $\Delta_n$  (8):

$$\Delta_n = \frac{L}{1000} \cdot u_0 = \frac{8197}{1000} \cdot 4 = 32.788 \text{ мкм} \text{ . т. е уменьшится больше чем в 2.5 раза.}$$

Но изменение скорости резания, и основного времени приведет к изменению оперативного времени (26):

$$t_{оп} = t_o + t_b = 0.063 + 0.615 = 0.678 = 0.68 \text{ мин}$$

Изменится штучного время на технологическую операцию (26):

$$t_{шт} = t_{оп} \cdot \left( 1 + \frac{\alpha_{об} + \alpha_{отд}}{100} \right) = 0.68 \left\{ 1 + \frac{4.5 + 4}{100} \right\} = 0.73 \text{ мин} \quad (26)$$

Изменится  $K_T = t_o/t_{шт} = 0.089/0.76 = 0.086$  коэффициент, учитывающий охлаждение резца из-за перерывов в работе.

Тогда

$$\Delta_T = \Delta l = C \cdot \frac{L_p}{F} \cdot \sigma_b \cdot (t \cdot S)^{0.75} \cdot \sqrt{V} \cdot K_T = 4.5 \cdot \frac{20}{144} \cdot 15 \cdot (0.678 \cdot 0.42)^{0.75} \cdot \sqrt{84.4} \cdot 0.086 = 2.9 \text{ мкм}$$

Изменится суммарная погрешность обработки равна (2):

$$\Delta = 2 \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_n^2 + 3\Delta_T^2} + \sum \Delta_\phi$$

$$= 2 \sqrt{80^2 + 3.2^2 + 27.2^2 + 3 \cdot 32^2 + 3 \cdot 2.8^2} + 20 = 122 \text{ мкм}$$

Коэффициент точности равен (1):

$K_T = \Delta / T = 122/190 = 0.64$ , что допустимо, и больше орректирующих мероприятий можно не проводить.

## 6 Контрольные задания

В качестве контрольного задания выбираются вариант исходные данные из рп.3.3.

## 7 Содержание отчета по контрольной работе

Отчет должен включать: цель и задачи исследования, а далее он должен быть выполнен аналогично приведенному примеру выполнения работы.

## 8. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа оформляется в соответствии ГОСТ 7.32-2001. В соответствии с этим нормативным документом применительно к оформлению контрольной работы должны выполняться:

- общие требования;
- требования к оформлению разделов (глав), подразделов (параграфов), пунктов, подпунктов;
- требования к оформлению иллюстраций;
- требования к оформлению таблиц;
- требования к оформлению формул и уравнений;
- требования к оформлению ссылок;

- требования к списку использованных источников;
- требования к оформлению приложений.

### **8.1. Общие требования к оформлению контрольной работы**

Контрольная работа должна быть написана деловым стилем.

К основным стилевым чертам делового стиля относятся:

- нейтральный фон изложения;
- точность и ясность изложения;
- лаконичность и краткость текста.

Специфика делового стиля определяется назначением документа.

Однозначность понимания текста обеспечивает употребление терминов. В официальных документах используется отраслевая или корпоративная терминология, отражающая содержание той предметной области, которой посвящен документ и специальные слова и выражения, сложившиеся в сфере менеджмента качества. Текст не должен допускать различных толкований.

При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова – «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть», «в случае» и т.д.

Допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например «применяют», «указывают» и т.п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

Если в работе применяется специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание.

В тексте не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами, а также в данном документе;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в

головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- применять знак «Ø» для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак «Ø»;
- применять без числовых значений математические знаки, например  $>$  (больше),  $<$  (меньше),  $=$  (равно),  $\geq$  (больше или равно),  $\leq$  (меньше или равно),  $\neq$  (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);
- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте перед обозначением параметра дают его пояснение, например «Временное сопротивление разрыву  $\sigma_b$ ».

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

При изложении текста следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417 [3].

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение разных систем обозначения физических величин не допускается.

Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры:

1. Провести испытания пяти труб, каждая длиной 5 м.
2. Отобрать 15 труб для испытаний на давление.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах должна быть постоянной. Если приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 м.

Если приводится диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины,

то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры:

1. От 1 до 5 мм.
2. От 10 до 100 кг.
3. От плюс 10 до минус 40°C.
4. От плюс 10 до плюс 40°C.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

При указании наибольших или наименьших значений величин применяется словосочетание «должно быть не более (не менее)».

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание «не должно быть более (менее)».

Например, массовая доля серы в стали должна быть не более 0,001%.

Числовые значения величин указываются со степенью точности, которая необходима для обеспечения требуемых свойств процесса (продукции), при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок продукции одного наименования должно быть одинаковым. Например, если градация толщины стальной горячекатаной ленты 0,25 мм, то весь ряд толщин ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 1,50; 1,75; 2,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4"; 1/2"

$\frac{1}{4}''$ ,  $\frac{1}{2}''$   
(но не  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например,

7/33; (40A – 5C)/(35B + 30).

Пояснительная записка, как правило оформляется с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным. Высота букв, цифр и других знаков должна соответствовать кеглю 14.

В отдельных случаях по разрешению заведующего кафедрой пояснительная записка может быть выполнена рукописным или машинописным способом.

Текст отчета следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10мм, верхнее – 20мм, левое и нижнее – 20мм.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры (по согласованию с руководителем).

Качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток с ПЭВМ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

При выполнении пояснительной записки необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения. В записке должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки пояснительной записки, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом.

Повреждения листов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий и другие имена собственные, в отчете приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать имена собственные и приводить названия организаций в переводе на язык отчета с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

Сокращение русских слов и словосочетаний в отчете – по ГОСТ 7.12.-93.

## **8.2. Требования к оформлению разделов (глав), подразделов (параграфов), пунктов, подпунктов**

Основная часть пояснительной записки делится на разделы (главы), подразделы (параграфы) и пункты. При необходимости пункты могут делиться на подпункты. При выделении пунктов и подпунктов каждый пункт (подпункт) должен содержать законченную информацию.

Разделы (главы), подразделы (параграфы), пункты и подпункты нумеруются арабскими цифрами и пишутся с абзацного отступа.

Разделы имеют порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений.

Пример – 1, 2, 3 и т.д.

Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой.

Пример – 1.1, 1.2, 1.3 и т.д.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой.

Пример – 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 и т.д.



После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят.

Разделы (главы), подразделы (параграфы) должны иметь заголовки. Пункты, заголовков могут не иметь. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов печатаются с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце без подчеркивания.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Страницы выпускной квалификационной работы нумеруются арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работы. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включается в общую нумерацию страниц работы. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию страниц работы.

Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитываются как одна страница.

### **8.3. Требования к оформлению иллюстраций**

Иллюстрациями являются: чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки. Иллюстрации располагаются непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

Все иллюстрации должны иметь соответствующие ссылки по тексту.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации оформляются в соответствии с требованиями государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Фотоснимки размером меньше формата А4 наклеиваются на стандартные листы белой бумаги.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, приводя эти номера после слова «Рисунок». Если рисунок один, то его обозначают «Рисунок 1».

Допускается нумерация иллюстраций в пределах раздела (главы). В этом случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, которые разделяют точкой.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Бизнес – процессы организации.

Иллюстрации каждого приложения нумеруются арабскими цифрами отдельной нумерацией, добавляя перед каждым номером обозначение данного приложения и разделяя их точкой (Пример – Рисунок В.3).

Слово «Рисунок» и его номер приводится под иллюстрацией. Далее приводится его наименование, отделенное тире (Пример – Рисунок 2 – Ответственность руководства). При необходимости под иллюстрацией помещаются поясняющие данные. В этом случае слово «Рисунок» и наименование графического материала помещают после поясняющих данных.

Если иллюстрация сопровождается данными, приведенными в табличной форме, то таблицу и иллюстрацию приводят на одной странице или двух смежных страницах. При этом таблицу приводят ниже иллюстрации или справа от нее, а при необходимости – на следующей странице.

Если иллюстрация не уместится на одной странице, то допускается перенос на другие страницы. В этом случае тематическое наименование иллюстрации помещают на той странице, с которой она начинается. Поясняющие данные к иллюстрации размещаются – на любой из страниц, на которых расположена иллюстрация, а под ней или непосредственно под иллюстрацией на каждой из страниц, на которых расположен данный графический материал, указывают «Рисунок \_\_, лист \_\_». Допускается размещение рисунков на листах форматов А3 и А2.

#### **8.4. Требования к оформлению таблиц**

Для обеспечения лучшей наглядности и удобства сравнения показателей используют таблицы.

Таблицу располагают непосредственно после ссылки, в которой она упоминается впервые, или на следующей странице. Пример оформления таблицы приведен на рисунке 1.

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Название таблицы помещается над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

При переносе части таблицы название помещается только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке пишется слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблица							
(номер)		(название таблицы)					
Головка					Заголовки граф		
							Подзаголовки граф
							Строки
							(горизонтальные ряды)
Боковик		Графы					
(графа для заголовков)		(колонки)					

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не ставятся. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначаются отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они

составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу ограничивают линиями. Допускается применение размера шрифта в таблице меньшего, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

### **8.5. Требования к оформлению формул и уравнений**

Уравнения и формулы выделяются из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (×), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «×».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов приводятся непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в отчете нумеруются порядковой нумерацией в пределах всего отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример – Плотность каждого образца  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса образца, кг;

$V$  – объем образца, м<sup>3</sup>.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, отделяют запятой.

Пример –

$$A = \frac{a}{b}, \quad (1)$$

$$B = \frac{c}{d} . \quad (2)$$

Одну формулу обозначают – (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, нумеруются отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения (например, формула (В.1)).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. (Пример – ...в формуле (1)).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Порядок оформления математических уравнений такой же, как и формул.

#### **8.6. Требования к оформлению ссылок**

В пояснительной записке допускаются ссылки на данный документ, стандарты, технические условия и другие документы если они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

Ссылки делаются на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа.

При ссылках на стандарты и технические условия указываются только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

Ссылки на использованные источники приводятся в квадратных скобках.

#### **8.7. Требования к списку использованной литературы**

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте отчета и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

Библиографическое описание использованных источников осуществляется в соответствии с ГОСТ 7.1 [2]. Примеры оформления библиографического описания использованных источников приведены в Приложении В.

#### **8.8. Требования к оформлению приложений**

Приложение оформляется как продолжение пояснительной записки.

В тексте пояснительной записки должны быть даны ссылки на все приложения.

Каждое приложение начинается с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначаются заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Е, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в пояснительной записке имеется только одно приложение, то оно обозначается «Приложение А».

Приложения должны иметь общую с остальной частью пояснительной записки сквозную нумерацию страниц.

## **9. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

### **Нормативно-правовые акты**

1. ГОСТ 7.32-2001. Международный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Режим доступа:

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=136807>

2. ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Режим доступа:

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=13274>

3. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. – Режим доступа:

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=8740>

### **Основная литература**

4. Зайцев Г. Н. Управление качеством в процессе производства промышленной продукции [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Н. Зайцев ; рец.: С. Л. Мурашкин, В. К. Федюкин. - Санкт-Петербург: АНО ВО "СЗТУ", 2015. - 217 с. – Режим доступа:

[http://lib.nwot.ru:8087/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&sys\\_code=621\(0758\)/%D0%97-17-661030891&bns\\_string=IBIS](http://lib.nwot.ru:8087/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&sys_code=621(0758)/%D0%97-17-661030891&bns_string=IBIS)

### Дополнительная литература

5. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. 219с.
6. Зайцев Г. Н., Салтыков В. А. Выбор типового технологического процесса механической обработки заготовки: Учеб. метод. пособие по курс. проекту для студ. института экономики и менеджмента в промышленности. 2-е изд. – СПб.: СПбГИЭУ, 1999. – 140 с.
7. Зайцев Г.Н. Припуски на механическую обработку. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2003. – 79 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: НИИ Труда, 1982. – 311 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
10. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник 2-е изд. перераб. и доп. / Под общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. т.1 / Под редакцией А.Т. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
12. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. т.2 / Под редакцией А.Т. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985, 496с..
13. Технология машиностроения в 2 томах, т.1. Основы технологии машиностроения : учебник для ВУЗов . В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др. Под ред. А.М. Дальского. – М.: издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999 г.

