



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технология машиностроения»

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
(шлифовальные станки)**

Практическая работа

Минск 2010

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технология машиностроения»

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
(шлифовальные станки)**

Практическая работа
по дисциплине «Технологии машиностроения»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

Минск 2010

УДК 621.75.002 (076.5)

ББК 34.5я7

Р 24

С о с т а в и т е л и :

М.М. Кане, А.И. Медведев

Р е ц е н з е н т ы :

Э.Я. Ивашин, А.А. Ярошевич

В работе рассмотрены методы настройки шлифовальных станков, приведен порядок расчета уровня и допусков на настройку, дана методика оценки правильности выбранных методов и средств настройки в конкретных условиях обработки деталей. Приведены необходимый справочный материал, примеры решения поставленных задач, порядок выполнения работы, варианты заданий, содержание отчета, контрольные вопросы.

Цель работы: изучение методов настройки технологических систем, определения настроечных размеров, погрешностей и допуска настройки.

Основные положения

Под *наладкой* (ГОСТ 3.1109–82) технологической системы понимают приведение ее в рабочее состояние, пригодное для использования при выполнении технологической операции.

Настройка (регулирование) технологической системы станка на размер, являясь частью наладки, включает согласованную установку режущего инструмента, рабочих органов станка, приспособления в положение, которое обеспечивает получение заданного размера с установленным допуском на изготовление [1].

Взаимное положение элементов технологической системы определяется «настроечным размером». Поле рассеяния положений инструмента при настройке станка называют погрешностью настройки станка на размер (Δ_n), которая принимается равной разности между предельными значениями настроечного размера.

От качества настройки инструмента на размер в значительной степени зависит точность обработки. Технолог должен выбрать метод настройки, средства его реализации, рассчитать параметры настройки и внести эту информацию в технологическую документацию.

В настоящее время в условиях серийного и массового производства применяется партионный метод настройки инструментов (т. е. настройка на всю партию деталей). Этот способ обеспечения точности получил название «Способ автоматического получения размеров».

Существуют две разновидности данного метода:

- 1) настройка инструментов по обработанным пробным партиям деталей (динамический метод);
- 2) настройка инструментов по эталону и вне станка с использованием универсальных измерительных приборов (статический метод).

Кроме этого для настройки инструментов могут использоваться самонастраивающиеся, адаптивные системы, а также системы автоматического регулирования размеров (САР). Это автоподналадчики, средства активного контроля с обратной связью и др.

Статический метод настройки для шлифовальных станков практически не применяется. Способ достижения точности с использованием автоподналадчиков и средств активного контроля достаточно сложен. Поэтому в работе изложена методика динамической настройки шлифовальных станков.

Методические указания по выполнению расчета параметров настройки шлифовальных станков динамическим методом

Контроль точности настройки динамическим методом производится следующими видами инструмента:

- а) универсальными измерительными инструментами (микрометры, штангенциркули, глубиномеры, миниметры и др.);
- б) рабочими калибрами;
- в) калибрами с уменьшенным полем допуска;
- г) специальными наладочными калибрами.

В работе принят метод контроля настройки режущего инструмента с помощью универсальных измерительных инструментов, как наиболее простой, распространенный и обеспечивающий высокую точность обработки деталей.

Правильность выбора метода настройки оценивается проверкой соотношения

$$\Delta_{н.д} < 1T_n, \quad (1)$$

где $\Delta_{н.д}$ – погрешность динамической настройки;

IT_n – допуск на настройку.

На следующем этапе нужно оценить соблюдение уровня настройки инструмента.

При смещении в процессе обработки уровня настройки к верхнему предельному отклонению ES поля допуска на обработку (шлифование наружных цилиндрических и плоских поверхностей) значение необходимого уровня настройки X_0 определяется по формуле

$$X_0 = ES - \delta_c - 3\sigma_m - \frac{IT_n}{2}.$$

При смещении в процессе обработки уровня настройки к нижнему предельному отклонению El поля допуска на обработку (шлифование отверстий)

$$X_0 = El + \delta_c + 3\sigma_m + \frac{IT_n}{2}, \quad (2)$$

где X_0 – уровень настройки, мм;

ES и El – верхнее и нижнее отклонения размера, мм (ES – для валов и плоскостей, El – для отверстий);

δ_c – смещение уровня настройки, мм;

σ_m – среднее квадратическое отклонение размеров в малой выборке, мм;

IT_n – поле допуска на настройку, мм.

О правильности настройки следует судить по среднему арифметическому значению размеров пробных деталей, обработанных после настройки станка. Настройку следует считать правильной, если удовлетворяется условие

$$|X - X_0| \leq \varepsilon, \quad (3)$$

где \bar{X} – среднее арифметическое значение размеров пробных деталей, мм;

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (4)$$

где X_i – размеры,

n – количество пробных деталей;

ε – допустимое смещение уровня настройки, определяемое по формуле

$$\varepsilon = \frac{t_p}{\sqrt{n}} \cdot \sigma_m, \quad (5)$$

где $\frac{t_p}{\sqrt{n}}$ – отношение, принимаемое в зависимости от доверительной вероятности p и количества пробных деталей n .

При доверительной вероятности $p = 0,95$ и количестве пробных деталей $n = 5$ значение $\frac{t_p}{\sqrt{n}} = 1,15$ [5].

Примечание. В приведенных ниже примерах для X_0 , \bar{X} принимаются обозначения D_0 , \bar{D} и L_0 , \bar{L} соответственно для круглых и плоских поверхностей.

Метод динамической настройки при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом

Погрешность настройки при контроле универсальным измерительным инструментом

$$\Delta_{н.д} = 1,2 \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{изм}^2}, \quad (6)$$

где $\Delta_{\text{см}}$ – погрешность метода расчета смещения инструмента, связанная с неточностью определения среднего арифметического значения размера обработки в малой партии деталей;

$\Delta_{\text{рег}}$ – погрешность регулирования положения инструмента на станке;

$\Delta_{\text{изм}}$ – погрешность измерения пробных деталей;

1,2 – коэффициент, учитывающий отклонения законов распределения погрешностей измерения и регулирования от нормального закона.

Допустимая в данных условиях обработки погрешность настройки (поле допуска на настройку) при распределении слагаемых по нормальному закону может быть определена по формуле

$$IT_H = \sqrt{IT^2 - \Delta_m^2 - 3\delta_c^2 - \Delta_{н.у}^2 - \Delta_{изм}^2}, \quad (7)$$

где IT – поле допуска на обработку, мм;

Δ_m – мгновенное поле рассеяния контролируемого параметра при обработке, мм;

$\Delta_{н.у}$ – абсолютное значение погрешности контроля точности настройки, мм;

$\Delta_{изм}$ – погрешность измерения обработанных деталей, мм;

δ_c – смещение уровня настройки за период стойкости инструмента (между настройками инструмента), мм.

Значения Δ_m при шлифовании приведены в табл. 1. Значения $\Delta_{н.у}$ ($\Delta_{\text{см}}$) могут быть найдены по формуле

$$\Delta_{н.у} = \Delta_{\text{см}} = \frac{\Delta_m}{\sqrt{n}}, \text{ мкм}, \quad (8)$$

где n – количество пробных деталей.

Среднее квадратическое отклонение размеров в малой выборке σ_m может быть найдено по формуле

$$\sigma_m \approx \frac{\Delta_m}{6}, \text{ мкм} . \quad (9)$$

Значения мгновенного поля рассеяния Δ_m при обработке на шлифовальных станках, мкм [1]

Размеры после обработки, мм	Сила P_y , Н	Вид станка											
		Кругло-шлифовальный			Внутришлифовальный			Бесцентрово-шлифовальный			Плоскошлифовальный		
		Точность станка											
		повыш. (П)	высокая (В)	особо высокая (А)	повыш. (П)	высокая (В)	особо высокая (А)	повыш. (П)	высокая (В)	особо высокая (А)	повыш. (П)	высокая (В)	особо высокая (А)
		Жесткость системы, Н/мм											
		7000– –12000	1200– –20000	20000– –30000	7000– –12000	1200– –20000	20000– –30000	20000– –30000	30000– –40000	40000– –50000	15000– –25000	25000– –35000	35000– –55000
Ø6–10	100–300	10	7	4	–	–	–	27	18	9			
	300–600	11	8	5	–	–	–	28	19	9,5			
Ø10–18	100–300	12	9	6	16	13,5	9,5	30	21	10,5			
	300–600	13	10	7	17	15	11	31	22	11			
Ø18–30	100–300	14	11	8	18	16,5	13	33	24	12			
	300–600	15	12	9	19,5	18	14,5	34	25	12,5			
Ø30–50	100–300	16	13	10	21	19,5	16	36	27	13,5			
	300–600	17	14	11	22	21	18	37	28	14			
Ø50–80	100–300	18	15	12	23	22,5	19	39	30	15			
	300–600	19	16	13	25	24	21	40	31	15,5			
Ø80–120	100–300	20	17	14	26	25,5	22,5	42	33	16,5			
	300–600	21	18	15	27	27	24	43	34	17			
L1–3	250–500										24	15	12
L1–3	500–750										23	14	11
L3–30	250–500										19	12	10
L3–30	500–750										20	13	11

При наличии результатов измерений деталей в пробной партии после данной операции

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

где x_i – размер i -й детали;

\bar{x} – среднее арифметическое значение размеров в партии деталей;

n – объем пробной партии.

Основной причиной δ_c является размерный износ инструмента $\Delta_{и}$.

При односторонней обработке (шлифование плоскости)

$$\delta_c \approx \Delta_{и} = \frac{u_0 l}{1000}, \text{ мкм.} \quad (10)$$

При двусторонней обработке (шлифование поверхности вращения и др.)

$$\delta_c \approx 2\Delta_{и} = \frac{2u_0 l}{1000}, \text{ мкм,} \quad (11)$$

где u_0 – относительный износ инструмента (износ на 1000 м пути резания), мкм/км;

l – путь резания за период стойкости инструмента, м.

Значения относительного износа шлифовального круга u_0 приведены в таблице 2.

Значения $\Delta_{см}$ определяются по формуле (8), значения σ_m – по формуле (9), значения $\Delta_{изм}$ принимаются по табл. 3, значения $\Delta_{рег}$ – по табл. 4.

Таблица 2

Значения относительного (удельного) износа
шлифовального круга U_0 , мкм/км

№ п/п	Материал		U_0
	детали	круга на керамической связке	
1.	Сталь 45	14А, 24А	0,03
2.	Чугун термообработанный	– // –	0,04
3.	Сплавы цветных металлов	– // –	0,01

Значения $\delta_{\text{изм}}$ могут быть найдены по табл. 3.

Таблица 3

Погрешности $\delta_{\text{изм}}$ измерения размеров 50–70 мм, мкм [1]

Наименование приборов и инструментов	Предельные погрешности $\delta_{\text{изм}}, \pm$ мкм
Миниметр с ценой деления, мм:	
0,001	0,8–2
0,002	1,4–2,5
0,005	2,5–3
Индикаторы с ценой деления 0,01 мм при работе в пределах одного оборота стрелки	10–20
Микрометр с ценой деления 0,001 мм	6–14
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу, мм:	
0,02	45
0,05	90
0,1	160

Примечание. Для определения $\Delta_{\text{изм}}$ данные табл. 3 следует удвоить, так как $\Delta_{\text{изм}} = 2\delta_{\text{изм}}$.

Таблица 4

Погрешности $\Delta_{\text{рег}}$ регулирования инструмента, мкм [1]

Способ регулирования положения режущего инструмента	На диаметр	Способ регулирования положения режущего инструмента	На диаметр
по лимбу с ценой деления, мм:		по индикатору с ценой деления, мкм:	
0,01	10–20	1	4
0,02	20–30	2	10
0,05	30–60	5	20
–	–	10	30

Значения пути резания l и основного времени обработки T_0 для различных видов шлифования, а также формулы, которые используются для расчета параметров l и T_0 , приведены в табл. 5 и 6.

Значения пути резания l и основного времени T_0 для различных видов шлифования

№ п/п	Вид шлифования	Расчетная формула	
		Путь резания l , мм	Основное время T_0 , мин
1	Бесцентровое шлифование с продольной подачей	$\frac{\pi D_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{в.к}} \cdot L_{\text{р.х}} \cdot n \cdot z}{1000 \cdot S_{\text{мин}} \cdot n_{\text{дет}}} \quad (12)$	$\frac{L_{\text{р.х}} \cdot i}{S_{\text{мин}}} \quad (19)$
2	Круглое шлифование наружных поверхностей и отверстий с продольной подачей	$\frac{\pi D_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{ш.к}} \cdot L_{\text{р.х}} \cdot z \cdot n \cdot k}{1000 \cdot S_{\text{пр}} \cdot S_{\text{поп}} \cdot n_{\text{дет}}} \quad (13)$	—//—
3	Круглое и бесцентровое шлифование с поперечной подачей	$\frac{\pi D_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{ш.к}} \cdot z \cdot n \cdot k}{1000 \cdot n_{\text{дет}} \cdot S_{\text{мин}}} \quad (14)$	$\frac{1,3 \left(\epsilon - z_{\text{вых}} \right)}{S_{\text{мин}}} + T_{\text{вых}} \quad (20)$
4	Плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом	$\frac{\pi D_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{ш.к}} \cdot B_{\text{кр}} \cdot z \cdot n}{1000 \cdot V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}} \cdot S_{\text{поп}}} \quad (15)$	$\frac{L_{\text{пр}} \cdot B_{\text{пр}} \cdot z}{1000 V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}} \cdot S_{\text{поп}} \cdot q} \quad (21)$
5	Плоское шлифование периферией круга на станках с круглым столом	$\frac{\pi D_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{ш.к}} \cdot B_{\text{кр}} \cdot z \cdot n}{1000 \cdot V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}} \cdot S_{\text{поп}}} \quad (16)$	$\frac{\pi D_{\text{пр}} \cdot L_{\text{кр}} \cdot z}{1000 V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}} \cdot S_{\text{поп}} \cdot q} \quad (22)$
6	Плоское шлифование торцом круга на станках с круглым столом	$\frac{\pi D_{\text{прив}} \cdot n_{\text{ст}} \cdot B_{\text{прив}}^{\text{кр}} \cdot z \cdot n}{1000 \cdot V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}}} \quad (17)$	$\frac{\pi D_{\text{пр}} \cdot z}{1000 V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}} \cdot q} \quad (23)$
7	Плоское шлифование торцом круга на станках с прямоугольным столом	$\frac{\pi D_{\text{ш.к}} \cdot n_{\text{дв.х}} \cdot B_{\text{прив}}^{\text{пр}} \cdot z \cdot n}{1000 \cdot V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}}} \quad (18)$	$\frac{L_{\text{р.х}} \cdot z}{1000 V_{\text{д}} \cdot S_{\text{верт}} \cdot q} \quad (24)$

Примечание.

В табл. 5 приняты обозначения:

$D_{ш.к}$ – диаметр шлифовального круга;

$n_{ш.к}$ – число оборотов шлифовального круга в мин;

$n_{в.к}$ – число оборотов ведущего круга в мин;

$L_{р.х}$ – расчетная длина обработки с учетом пути подвода
врезания и перебега режущего инструмента;

n – количество деталей, обработанных в период между
подналадками станка;

Z – припуск на сторону, мм;

k – коэффициент на вывод искры ($k = 1, 1-1,3$);

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин;

$n_{дет}$ – число оборотов детали в мин;

K – коэффициент на выход искры ($K = 1, 1-1,3$);

$S_{пр}$ – продольная подача инструмента или детали, мм/об;

$S_{поп}$ – поперечная подача на один двойной ход или оборот
стола;

$B_{кр}$ – ширина шлифовального круга, мм;

V_d – скорость движения детали, м/мин;

$S_{верт}$ – вертикальная подача круга на 1 дв. ход, мм/дв.х;

$n_{ст}$ – число оборотов стола станка в мин;

$B_{прив}^{пр}$ – приведенная шлифовальная на станках с круглым и
прямоугольным столом, мм;

$n_{дв.х}$ – число двойных ходов в мин;

$L_{кр}$ – длина шлифования периферией круга на станках с
круглым столом, мм;

$L_{пр}$ – длина шлифования периферией круга на станках с
прямоугольным столом, мм;

q – количество деталей на столе станка.

Таблица 6

Формулы для расчета τ и T_0 для различных видов шлифования

№ п/п	Вид шлифования	Формулы для расчета
1	2	3
1	Круглое бесцентровое шлифование с продольной и поперечной подачей; шлифование отверстий с продольной подачей	<p>При расчете параметра τ в зависимостях (12)–(16) используются следующие формулы: Длина рабочего хода инструмента</p> $L_{р.х} = L_d + L_{под} + L_{врез} + y_{п}, \quad (25)$ <p>где L_d – длина резания (детали), мм; $l_{под}$, $l_{врез}$, $y_{п}$ – длины подвода, врезания и перебега инструмента. Величины $l_{под}$, $l_{врез}$ и $y_{п}$ находятся по приложению справочника [3].</p> $L_{р.х} \approx (L_d + 5) \text{ мм.} \quad (26)$ <p>Число оборотов детали</p> $n_{дет} = \frac{1000V_{дет}}{\pi D}, \quad (27)$ <p>где $V_{дет}$ – скорость вращения детали, м/мин; D – диаметр обработки, мм.</p> <p>Число оборотов ведущего круга</p> $n_{вед.кр} = \frac{1000V_{дет}}{\pi D_{вед.кр}}. \quad (28)$ <p>Число деталей, обработанных за период стойкости инструмента:</p> $n = \frac{T}{T_0}, \quad (29)$ <p>где T – период стойкости инструмента, мин; T_0 – основное время обработки одной детали, мин</p>

Продолжение табл. 6

1	2	3
1	<p>Круглое бесцентровое шлифование с продольной и поперечной подачей; шлифование отверстий с продольной подачей</p>	<p>При шлифовании отверстий: диаметр шлифовального круга</p> $D_{\text{шл.к}} = 0,8 D_{\text{отв.}} \quad (30)$ <p>где $D_{\text{отв.}}$ – диаметр отверстия; число оборотов шлифовального круга</p> $n_{\text{шл.к}} = \frac{1000 V_{\text{рез}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{шл.к}}},$ <p>где $V_{\text{рез}}$ – скорость резания при шлифовании, м/с</p>
2	<p>Плоское шлифование торцом круга на станках с круглым столом</p>	<p>При расчете параметра / в зависимости (17) используются следующие формулы: приведенная ширина шлифования</p> $B_{\text{прив}}^{\text{кр}} = \frac{F_{\text{д}}}{\pi D_{\text{пр}}}, \text{ мм}, \quad (31)$ <p>где $F_{\text{д}}$ – сумма площадей шлифуемых поверхностей, мм². Число оборотов стола станка</p> $n_{\text{ст}} = \frac{1000 V_{\text{дет}}}{\pi \cdot D_{\text{пр}}}, \quad (32)$ <p>где $V_{\text{дет}}$ – скорость движения детали, м/мин; $D_{\text{пр}}$ – средний диаметр расположения изделий на столе.</p>

Продолжение табл. 6

1	2	3
3	Плоское шлифование торцом круга на станках с прямоугольным столом	<p>При расчете параметра / в зависимости (18) используются следующие формулы: приведенная ширина шлифования</p> $B_{\text{прив}}^{\text{кр}} = \frac{F_{\text{д}}}{L_{\text{р.х}}}, \text{ мм}, \quad (33)$ <p>где $F_{\text{д}}$ – сумма площадей шлифуемых поверхностей, мм²; $L_{\text{р.х}}$ – длина рабочего хода стола. Число двойных ходов стола станка</p> $n_{\text{дв.х}} = \frac{1000V_{\text{дет}}}{2L}, \text{ дв.х./мин}, \quad (34)$ <p>где L – длина стола станка, мм; $V_{\text{дет}}$ – скорость движения детали, м/мин.</p>
4	Бесцентровое и круглое шлифование наружных поверхностей и отверстий с продольной подачей	<p>При расчете параметра T_0 по зависимости (19) используются следующие формулы: $L_{\text{р.х}}$ (см. формулу (26));</p> $i = z / S_{\text{поп}}, \quad (35)$ <p>где z – припуск на сторону, мм; $S_{\text{поп}}$ – поперечная подача, мм/дв.ход.</p>
5	Круглое и бесцентровое шлифование с поперечной подачей	<p>При расчете параметра T_0 по зависимости (20) используются следующие данные: 1,3 – коэффициент, учитывающий потери на этапе врезания [3]; $T_{\text{вых}}$ – время выхаживания, мин (табл. П11); $z_{\text{вых}}$ – припуск на выхаживание (табл. П10).</p>

Продолжение табл. 6

1	2	3
6	<p>Плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом</p>	<p>При расчете параметра T_0 по зависимости (21) используются следующие формулы [4]:</p> $L_{\text{пр}} = L_{\text{шл}} + (20 - 30), \text{ мм}, \quad (36)$ <p>где $L_{\text{пр}}$ – длина шлифования изделий, мм; $L_{\text{шл}}$ – суммарная длина шлифуемых деталей, мм;</p> $B_{\text{прив}} = \sum B_{\text{д}} + B_{\text{кр}} + 5, \quad (37)$ <p>где $B_{\text{прив}}$ – приведенная ширина шлифования, мм; $\sum B_{\text{д}}$ – суммарная ширина шлифуемых деталей, мм; $B_{\text{кр}}$ – ширина круга, мм.</p> $q = F_{\text{д}} / S_{\text{дет}}, \quad (38)$ <p>где q – количество деталей на столе станка; $F_{\text{д}}$ – сумма площадей шлифуемых поверхностей, мм²:</p> $F_{\text{д}} = F_{\text{стола}} \cdot K, \text{ мм}^2, \quad (39)$ <p>где $F_{\text{стола}}$ – площадь стола станка, мм²; K – коэффициент заполнения площади стола ($K = 0,65$ [4]).</p> <p>Площадь прямоугольного стола</p> $F_{\text{стола}} = L \cdot B, \text{ мм}^2, \quad (40)$ <p>где L и B – габаритные размеры прямоугольного стола, мм. $S_{\text{дет}}$ – площадь поверхности одной детали, мм².</p> <p>Для круглой детали</p> $S_{\text{дет}}^{\text{кр}} = \pi D^2 / 4, \text{ мм}^2, \quad (41)$ <p>где D – диаметр шлифуемой детали, мм.</p> <p>Для прямоугольной детали</p> $S_{\text{дет}}^{\text{пр}} = l \cdot b, \text{ мм}^2, \quad (42)$ <p>где l и b – длина и ширина прямоугольной детали, мм.</p>

1	2	3
7	Плоское шлифование периферией круга на станках с круглым столом	<p>При расчете параметра T_0 по зависимости (22) используются следующие формулы:</p> $D_{\text{пр}} = \frac{d_{\text{н}} + d_{\text{в}}}{2}, \quad (43)$ <p>где $D_{\text{пр}}$ – средний диаметр расположения изделий на столе, мм; $d_{\text{н}}$ и $d_{\text{в}}$ – наружный и внутренний диаметры круглого стола, мм.</p> $L_{\text{кр}} = \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{в}}}{2} + B_{\text{кр}} + 10 \quad (44)$ <p>где $L_{\text{кр}}$ – длина шлифования, мм; $B_{\text{кр}}$ – ширина круга, мм. Площадь круглого стола</p> $F_{\text{стола}} = \frac{\pi (d_{\text{н}}^2 - d_{\text{в}}^2)}{4}, \text{ мм}^2 \quad (48)$
8	Плоское шлифование торцом круга на станках с круглым столом	<p>При расчете параметра T_0 по зависимости (23) используются следующие данные: $D_{\text{пр}}$ – средний диаметр расположения изделий на столе, мм (см. формулу (46)).</p>
9	Плоское шлифование торцом круга на станках с прямоугольным столом	<p>При расчете параметра T_0 по зависимости (24) используются следующие формулы:</p> $L_{\text{р.х}} = L_{\text{д}} + D_{\text{кр}} + 10, \text{ мм}, \quad (49)$ <p>где $L_{\text{р.х}}$ – длина рабочего хода стола, мм; $L_{\text{д}}$ – суммарная длина шлифуемых деталей, мм; $D_{\text{кр}}$ – диаметр круга, мм.</p>

Порядок выполнения работы

1. Проанализировать выданное задание.
2. Для динамического метода настройки рассчитать:
 - погрешность настройки $\Delta_{н.д.}$;
 - уровень настройки X_0 ;
 - средний размер пробных деталей \bar{X} ;
 - величину $(\bar{X} - X_0)$;
 - допуск данного метода настройки $1/T_n$ и допустимое смещение уровня настройки ϵ .
3. Проверить соблюдение соотношений (1) и (3).
4. Сделать выводы о допустимости принятого метода настройки и правильности выполненной настройки.
5. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Содержание задания.
3. Расчет необходимых параметров настройки системы в соответствии с заданием.
4. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Какие методы применяются для настройки инструментов на шлифовальных станках?
2. Как определяется погрешность настройки динамическим методом?
3. Как определяется допуск настройки?
4. Как определяется необходимый уровень настройки?
5. Как определяется допустимое смещение уровня настройки?
6. Как оценить правильность выбранного метода уровня настройки?

Л и т е р а т у р а

1. Дипломное проектирование по технологии машиностроения / под ред. В.В. Бабука. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – 534 с.
2. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции: ГОСТ 27.202–83.
3. Режимы резания металлов: справочник / под ред. А.Д. Корчемкина. – М.: НИИтавтопром, 1995. – 456 с.
4. Справочник шлифовщика / под ред. П.С. Чистосердова. – Минск: Вышэйшая школа, 1981. – 287 с.
5. Лабораторный практикум по технологии машиностроения / под ред. В.В. Бабука. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 220 с.

**Примеры расчета необходимых размеров и параметров
для динамического метода настройки**

Пример П1

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при круглом шлифовании наружной цилиндрической поверхности с продольной подачей при установке детали в центрах. Диаметр обработки $D = 50_{-0,039}$ мм.

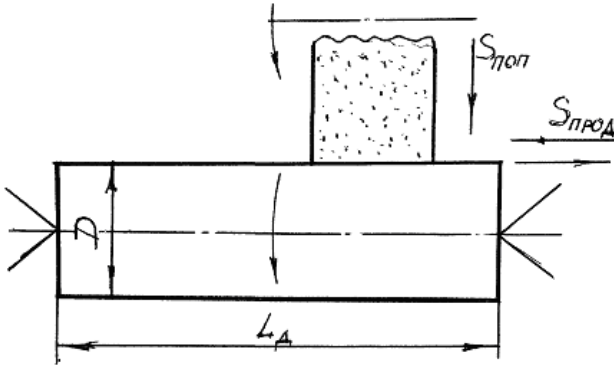


Рис. П1. Схема круглого шлифования с продольной подачей

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердостью 50–55 HRC₃; шероховатость поверхности деталей $Ra = 0,8$ мкм; сила резания $P_y = 450$ Н; длина детали $L_д = 230$ мм; припуск на диаметр $z = 0,5$ мм; скорость вращения детали $V_{дет} = 37$ м/мин; продольная подача $S_{прод} = 2250$ мм/мин; поперечная подача $S_{поп} = 0,02$ мм/дв.ход; скорость круга $V_{кр} = 35$ м/с; диаметр круга $D_{кр} = 400$ мм; число оборотов круга $n_{кр} = 1670$ мин⁻¹; период

стойкости круга $T = 40$ мин; ширина круга $B_{кр} = 40$ мм; точность станка – высокая В; жёсткость станка $\gamma = 15000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $D_1 = 49,992$ мм; $D_2 = 49,973$ мм; $D_3 = 50,0$ мм; $D_4 = 49,981$ мм; $D_5 = 50,012$ мм.

Порядок расчета

1. $\Delta_m = 14$ мкм (см. табл. 1);

$$\Delta_{см} \Delta_{н.у} \approx \frac{14}{\sqrt{5}} = 6,4 \text{ мкм, формула (9);}$$

$$\sigma_m = \frac{14}{6} = 2,3 \text{ мкм, формула (9).}$$

2. Погрешность регулирования $\Delta_{рег} = 20$ мкм (см. табл. 4) по индикатору с ценой деления 5 мкм.

3. Погрешность измерения пробных деталей $\Delta_{изм} = 5$ мкм (см. табл. 3) по миниметру с ценой деления 5 мкм.

4. Погрешность настройки, формула (6):

$$\Delta_{н.д} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 6,4^2} = 1,2\sqrt{466} = 21,6 \text{ мкм.}$$

5. Допуск на настройку $/T_n$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 39$ мкм, $\Delta_m = 14$ мкм, $\Delta_{см} (\Delta_{н.у}) = 6,4$ мкм, $\Delta_{изм} = 5$ мкм.

Для определения δ_c по формуле (11) находим путь резания l , формула (13), и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

$$L_{раб.х} = 230 + 5 = 235 \text{ мм, формула (26);}$$

$$T_0 = \frac{235}{2250} \cdot 12 = 1,25 \text{ мин, формула (19);}$$

$$n = \frac{40}{1,25} = 32 \text{ дет., формула (29);}$$

$$i = \frac{0,25}{0,02} = 12, \text{ формула (35);}$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot 37}{3,14 \cdot 50} = 235,7 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (27);}$$

$$l = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1670 \cdot 235 \cdot 0,25 \cdot 32 \cdot 1,2}{1000 \cdot 240 \cdot 2250 \cdot 0,02} = 438,5 \text{ м, формула (13);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_c = 2 \cdot \frac{0,03 \cdot 438,5}{1000} \approx 0,03 \text{ мкм, формула (11);}$$

$$l_{T_H} = \sqrt{39^2 - 14^2 - 3 \cdot 0,03^2 - 6,4^2 - 5^2} = 35,48 \text{ мкм, формула (7).}$$

6. Уровень настройки, формула (5):

$$D_0 = 50,0 - 0,03 - 3 \cdot 0,0027 - 0,018 = 49,974 \text{ мм.}$$

7. Средний размер пробных деталей, формула (4):

$$\bar{D} = \frac{49,992 + 49,973 + 50 + 49,981 + 50,012}{5} = 49,992 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{D} - D_0 = 49,992 - 49,974 = 0,018$ мм, формула (3).

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 2,3 \approx 3$ мкм, формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{н.д} = 21,6 \text{ мкм}; \quad \bar{D} - D_0 = 18 \text{ мкм}; \quad IT_n = 35,48 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 3 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{н.д} < IT_n: 21,6 \text{ мкм} < 35,48 \text{ мкм};$$

$$\bar{D} - D_0 \not\geq \varepsilon: 18 \text{ мкм} > 3 \text{ мкм}.$$

Вывод: погрешность настройки $\Delta_{н.д}$ меньше допуска на настройку IT_n , т. е. метод настройки выбран верно, но так как значение $\bar{D} - D_0$ превышает величину допустимой абсолютной погрешности настройки ε , требуется подналадка шлифовального круга.

Пример П 2

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при круглом шлифовании с поперечной подачей при установке детали в центрах.

Диаметр обработки $D = 60_{-0,046}$ мм.

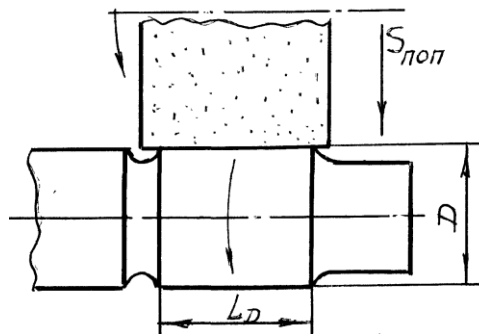


Рис. 2. Схема круглого шлифования с поперечной подачей (врезанием)

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 30–50 HRC₃; сила резания $P_y = 350$ Н; припуск на диаметр $z = 0,5$ мм; скорость вращения детали $V_{дет} = 29$ м/мин; поперечная подача $S_{поп} = 0,36$ мм/мин; скорость круга $V_{кр} = 35$ м/с; диаметр круга $D_{кр} = 400$ мм; число оборотов круга $n_{кр} = 1670$ мин⁻¹; период стойкости круга $T = 20$ мин; ширина шлифования – до 100 мм; точность станка – высокая В; жёсткость станка $\gamma = 18000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $D_1 = 59,991$ мм; $D_2 = 59,982$ мм; $D_3 = 59,972$ мм; $D_4 = 59,963$ мм; $D_5 = 60,0$ мм.

Порядок расчета

1. $\Delta_m = 16$ мкм (см. табл. 1); $\Delta_{см}(\Delta_{н.у}) = \frac{16}{\sqrt{5}} = 7,2$ мкм, формула (8); $\sigma_m = \frac{16}{6} = 2,7$ мкм, формула (9).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{рег} = 20$ мкм (см. табл. 4).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{изм} = 5$ мкм (см. табл. 3).

4. Погрешность настройки, формула (6):

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 7,2^2} = 1,2\sqrt{477} = 26,2 \text{ мкм}$$

5. Допуск на настройку $IT_{\text{н}}$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $IT = 46 \text{ мкм}$, $\Delta_m = 16 \text{ мкм}$, $\Delta_{\text{см}}(\Delta_{\text{н.у}}) = 7,2 \text{ мкм}$, $\Delta_{\text{изм}} = 5 \text{ мкм}$.

Для определения δ_c , формула (11), находим путь резания l (14) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

$T_{\text{вых}} = 0,1 \text{ мин}$ (табл. П11); $z_{\text{вых}} = 0,06 \text{ мм}$ (табл. П10);

$$T_0 = \frac{1,3 \cdot (0,2 - 0,06)}{0,36} + 0,1 = 0,6 \text{ мин}, \text{ формула (20);}$$

$$n = 20/0,6 = 34 \text{ дет.}, \text{ формула (29);}$$

$$n_{\text{дет}} = (1000 \cdot 29)/(3,14 \cdot 60) = 150 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (27);}$$

$$l = (3,14 \cdot 400 \cdot 1670 \cdot 0,2 \cdot 34 \cdot 1,2)/(1000 \cdot 150 \cdot 0,36) = 325 \text{ м}, \text{ формула (14);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_c = 2 \cdot \frac{0,03 \cdot 325}{1000} \approx 0,02 \text{ мкм}, \text{ формула (11);}$$

$$\begin{aligned} IT_{\text{н}} &= \sqrt{46^2 - 16^2 - 3 \cdot 0,02^2 - 7,2^2 - 5^2} = \\ &= \sqrt{1786} = 42,3 \text{ мкм}, \text{ формула (7)}. \end{aligned}$$

6. Уровень настройки, формула (2):

$$D_0 = 60,0 - 2 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 0,0027 - 0,021 = 59,971 \text{ мм.}$$

7. Средний размер пробных деталей, формула (4):

$$\bar{D} = \frac{59,991 + 59,982 + 59,972 + 59,963 + 60,0}{5} = 59,982 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{D} - D_0 = 59,982 - 59,971 = 0,011 \text{ мм}$, формула (3).

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 2,7 \approx 3,1 \text{ мкм}$, формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{\text{н.д}} = 26,2 \text{ мкм}; \quad \bar{D} - D_0 = 11 \text{ мкм};$$

$$IT_{\text{н}} = 42,3 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 3,1 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{н.д}} < IT_{\text{н}}: 26,2 \text{ мкм} < 42,3 \text{ мкм};$$

$$\bar{X} - X_0 \not\leq \varepsilon: 11 \text{ мкм} > 3,1 \text{ мкм.}$$

Вывод: погрешность настройки $\Delta_{\text{н.д}}$ меньше допуска на настройку $IT_{\text{н}}$, т. е. метод настройки выбран верно, но так как значение $\bar{D} - D_0$ превышает величину допустимой абсолютной погрешности настройки ε , требуется подналадка шлифовального круга.

Пример П3

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при бесцентровом шлифовании наружной цилиндрической поверхности с продольной подачей.

Диаметр обработки $D = 30_{-0,052} \text{ мм}$.

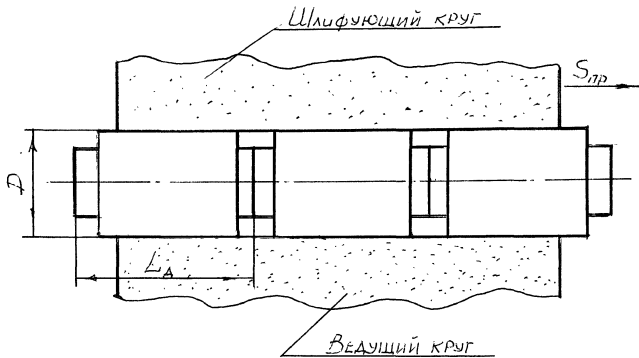


Рис. ПЗ. Схема бесцентрового шлифования с продольной подачей
Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 30–50 HRC₃; сила резания $P_y = 200$ Н; припуск на диаметр $z = 0,5$ мм; скорость вращения детали $V_{дет} = 25$ м/мин; длина детали $L_d = 230$ мм; продольная подача $S_{пр} = 1250$ мм/мин; диаметр шлифовального круга $D_{ш.кр} = 400$ мм; число оборотов круга $n_{кр} = 1670$ мин⁻¹; диаметр ведущего круга $D_{в.кр} = 200$ мм; период стойкости круга $T = 60$ мин; число проходов $i = 3$; точность станка повышенная П; жёсткость станка $\gamma = 25000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $D_1 = 29,951$ мм; $D_2 = 29,963$ мм; $D_3 = 29,972$ мм; $D_4 = 29,981$ мм; $D_5 = 29,991$ мм.

Порядок расчета

$$1. \Delta_m = 36 \text{ мкм (см. табл. 1); } \Delta_{см}(\Delta_{н.у}) = \frac{36}{\sqrt{5}} = 16,1 \text{ мкм,}$$

формула (8); $\sigma_m = \frac{36}{6} = 6,0$ мкм, формула (9).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{рег} = 20$ мкм (см. табл. 4).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм (см. табл. 3).

4. Погрешность настройки по формуле (6):

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 16,1^2} = 31,3 \text{ мкм}.$$

5. Допуск на настройку $/T_{\text{н}}$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 62$ мкм, $\Delta_{\text{п}} = 36$ мкм, $\Delta_{\text{см}}(\Delta_{\text{н.у}}) = 16,1$ мкм, $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм.

Для определения $\delta_{\text{с}}$ по формуле (11) находим путь резания l по формуле (12) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, по формуле (29).

$$L_{\text{раб.х}} = 230 + 5 = 235 \text{ мм, формула (26);}$$

$$T_0 = \frac{235}{1250} \cdot 3 = 0,57 \text{ мин, формула (19);}$$

$$n = 60/0,57 = 105 \text{ дет., формула (29);}$$

$$n_{\text{дет}} = (100 \cdot 25)/(3,14 \cdot 30) = 260 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (27);}$$

$$n_{\text{вед.кр}} = (1000 \cdot 25)/(3,14 \cdot 200) = 40 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (28);}$$

$$l = (3,14 \cdot 400 \cdot 1670 \cdot 40 \cdot 235 \cdot 235 \cdot 105 \cdot 0,25)/(100 \cdot 260 \cdot 1250) = \\ = 1592 \text{ м формула (12);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_{\text{с}} = 2 \cdot \frac{0,03 \cdot 1592}{1000} \approx 0,1 \text{ мкм, формула (11);}$$

$$/T_{\text{н}} = \sqrt{52^2 - 36^2 - 3 \cdot 0,1^2 - 16,1^2 - 5^2} = 34,2 \text{ мкм, формула (7).}$$

6. Уровень настройки, формула (2):

$$D_0 = 30,0 - 0,00012 - 3 \cdot 0,006 - 0,017 = 29,965 \text{ мм.}$$

7. Средний размер пробных деталей, формула (4):

$$\bar{D} = \frac{29,951 + 29,963 + 29,972 + 29,981 + 29,991}{5} = 29,971 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{D} - D_0 = 29,971 - 29,965 = 0,006 \text{ мм}$, формула (3).

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 6,0 \approx 7,0 \text{ мкм}$, формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{\text{н.д}} = 31,3 \text{ мкм}; \quad \bar{D} - D_0 = 6 \text{ мкм};$$

$$IT_{\text{н}} = 34,2 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 7,0 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\text{н.д}} < IT_{\text{н}}: 31,3 \text{ мкм} < 34,2 \text{ мкм};$$

$$\bar{D} - D_0 \lesssim \varepsilon: 6,0 \text{ мкм} < 7,0 \text{ мкм.}$$

Вывод: выбранный метод и уровень настройки установлены правильно.

Пример П 4

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при бесцентровом шлифовании наружной цилиндрической поверхности с поперечной подачей.

Диаметр обработки $D = 60_{-0,074} \text{ мм}$.

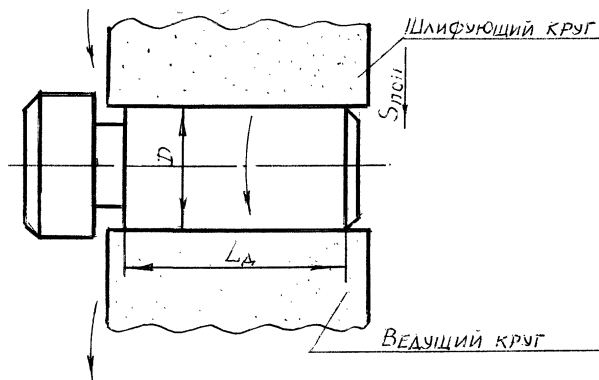


Рис. П4. Схема бесцентрового шлифования с поперечной подачей (врезанием)

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 30–50 HRC₃; сила резания $P_y = 350$ Н; припуск на диаметр $z = 0,5$ мм; скорость вращения детали $V_{дет} = 20$ м/мин; длина обработки до 100 мм; поперечная подача $S_{поп} = 0,6$ мм/мин; диаметр шлифовального круга $D_{ш.кр} = 400$ мм; число оборотов круга $n_{кр} = 1670$ мин⁻¹; период стойкости круга $T = 30$ мин; шероховатость обработки $Ra = 1,6$ мкм; точность станка повышенная П; жёсткость станка $\gamma = 25000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $D_1 = 59,931$ мм; $D_2 = 59,942$ мм; $D_3 = 59,952$ мм; $D_4 = 59,973$ мм; $D_5 = 59,981$ мм.

Порядок расчета

1. $\Delta_m = 40$ мкм (см. табл. 1); $\Delta_{см}(\Delta_{н.у}) = \frac{40}{\sqrt{5}} = 17,9$ мкм, формула (8); $\sigma_m = \frac{40}{6} = 6,7$ мкм, формула (9).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{рег}} = 20$ мкм (см. табл. 6).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм (см. табл. 3).

4. Погрешность настройки по формуле (6):

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 17,9^2} = 32,76 \text{ мкм}.$$

5. Допуск на настройку $/T_{\text{н}}$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 74$ мкм, $\Delta_{\text{п}} = 40$ мкм, $\Delta_{\text{см}}(\Delta_{\text{н.у}}) = 17,9$ мкм, $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм.

Для определения $\delta_{\text{с}}$ по формуле (11) находим путь резания l по формуле (14) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

$T_{\text{вых}} = 0,08$ мин (табл. П11); $Z_{\text{вых}} = 0,02$ мм (табл. П10);

$$T_0 = \frac{1,3 \cdot (0,2 - 0,06)}{0,36} + 0,08 = 0,6 \text{ мин, формула (20);}$$

$$n = 30/0,6 = 50 \text{ дет., формула (29);}$$

$$n_{\text{дет}} = (1000 \cdot 20)/(3,14 \cdot 60) = 106 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (27);}$$

$$l = (3,14 \cdot 400 \cdot 1670 \cdot 0,25 \cdot 50 \cdot 1,2)/(100 \cdot 106 \cdot 0,6) = 495 \text{ м, формула (14);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_{\text{с}} = 2 \cdot \frac{0,03 \cdot 495}{1000} \approx 0,03 \text{ мкм, формула (11);}$$

$$IT_H = \sqrt{74^2 - 40^2 - 3 \cdot 0,03^2 - 17,9^2 - 5^2} =$$

$$= 59,38 \text{ мкм, формула (7).}$$

6. Уровень настройки, формула (2):

$$D_0 = 60,0 - 0,00003 - 3 \cdot 0,007 - 0,0297 = 59,95 \text{ мм.}$$

7. Средний размер пробных деталей формула (4):

$$\bar{D} = \frac{59,931 + 59,942 + 59,952 + 59,973 + 59,981}{5} = 59,9542 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{D} - D_0 = 59,9542 - 59,95 = 0,0042 \text{ мм, формула (3).}$

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 6,7 \approx 7,7 \text{ мкм,}$
формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{н.д} = 32,76 \text{ мкм; } \bar{D} - D_0 = 4,2 \text{ мкм;}$$

$$IT_H = 59,38 \text{ мкм; } \varepsilon = 7,7 \text{ мкм;}$$

$$\Delta_{н.д} < IT_H: 32,76 \text{ мкм} < 59,38 \text{ мкм;}$$

$$\bar{D} - D_0 \lesssim \varepsilon: 4,2 \text{ мкм} < 7,7 \text{ мкм.}$$

Вывод: выбранный метод и уровень настройки установлены правильно.

Пример П5

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при шлифовании отверстия с продольной подачей. Диаметр обработки $D = 100^{+0,057}$ мм.

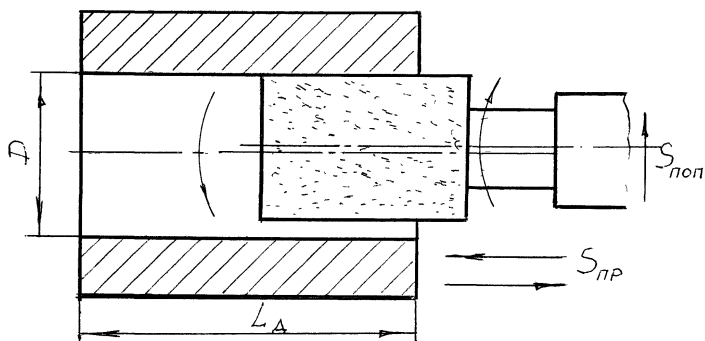


Рис. 5. Схема шлифования отверстий с продольной подачей

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная с твердостью 30–50 HRC₃; сила резания $P_y = 400$ Н; припуск на диаметр $z = 0,25$ мм; скорость вращения детали $V_{дет} = 55$ м/мин; длина рабочего хода (детали) $L_d = 150$ мм; шероховатость обработки $Ra = 1,6$ мкм; ширина круга 40 мм; продольная подача $S_{пр} = 3600$ мм/мин; поперечная подача $S_{поп} = 0,0043$ мм/дв.ход; период стойкости круга $T = 15$ мин; скорость шлифовального круга $V_{шл.к} = 35$ м/с; точность станка – высокая В; жёсткость станка $\gamma = 15000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $D_1 = 100,012$ мм; $D_2 = 100,021$ мм; $D_3 = 100,032$ мм; $D_4 = 100,051$ мм; $D_5 = 100,063$ мм.

Порядок расчета

$$1. \Delta_m = 27 \text{ мкм (см. табл. 1); } \Delta_{\text{см}}(\Delta_{\text{н.у}}) = \frac{27}{\sqrt{5}} = 12,0 \text{ мкм, формула (8);}$$

$$\sigma_m = \frac{27}{6} = 4,5 \text{ мкм, формула (9).}$$

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{рег}} = 20 \text{ мкм (см. табл. 4).}$

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{изм}} = 5 \text{ мкм (см. табл. 3).}$

4. Погрешность настройки по формуле (6)

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 12^2} = 28,6 \text{ мкм.}$$

5. Допуск на настройку $/T_{\text{н}}$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 54 \text{ мкм, } \Delta_m = 27 \text{ мкм, } \Delta_{\text{см}}(\Delta_{\text{н.у}}) = 12,0 \text{ мкм, } \Delta_{\text{изм}} = 5 \text{ мкм.}$

Для определения $\delta_{\text{с}}$ по формуле (11) находим путь резания l по формуле (14) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

$$L_{\text{раб.х}} = 150 + 5 = 155 \text{ мм, формула (26);}$$

$$i = 0,25/0,0043 = 58, \text{ формула (38);}$$

$$T_0 = \frac{155}{3600} \cdot 58 = 2,5 \text{ мин, формула (19);}$$

$$n = 15/2,5 = 6 \text{ дет., формула (29);}$$

$$D_{\text{шл.к}} = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ мм, формула (32);}$$

$$n_{\text{шл.к}} = (1000 \cdot 35 \cdot 60) / (3,14 \cdot 80) = 1400 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{\text{дет}} = (1000 \cdot 55) / (3,14 \cdot 100) = 175 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (27);}$$

$$l = (3,14 \cdot 80 \cdot 1400 \cdot 155 \cdot 0,25 \cdot 6 \cdot 1,2) / (100 \cdot 175 \cdot 3200 \cdot 0,0043) =$$

$$= 40,75 \text{ м, формула (13);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_c = 2 \cdot \frac{0,03 \cdot 40,75}{1000} \approx 0,0024 \text{ мкм, формула (11);}$$

$$lT_H = \sqrt{57^2 - 27^2 - 3 \cdot 0,0024^2 - 12^2 - 5^2} =$$

$$= 48,49 \text{ мкм, формула (7).}$$

6. Уровень настройки по формуле (2):

$$D_0 = 100,0 + 0,0024 + 3 \cdot 0,0045 + 0,0242 = 100,04 \text{ мм.}$$

7. Среднее арифметическое пробных деталей по формуле (4)

$$\bar{D} = \frac{100,012 + 100,021 + 100,032 + 100,051 + 100,063}{5} =$$

$$= 100,037 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{D} - D_0 = 100,04 - 100,037 = 0,003 \text{ мм, формула (3).}$

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 0,045 =$
 $= 0,0052 \text{ мкм, формула (5).}$

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{н.д} = 26,8 \text{ мкм; } \bar{D} - D_0 = 5,0 \text{ мкм;}$$

$$lT_H = 48,49 \text{ мкм; } \varepsilon = 5,2 \text{ мкм;}$$

$$\Delta_{н.д} < lT_H: 26,8 \text{ мкм} < 48,49 \text{ мкм;}$$

$$\bar{D} - D_0 \lesssim \varepsilon: 3,0 \text{ мкм} < 5,2 \text{ мкм.}$$

Вывод: выбранный метод и уровень настройки установлены правильно.

Пример П6

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом. Размеры стола станка $L \times B = 1000 \times 320$ мм.

Размер обработки по высоте деталей $H = 20_{-0,04}$ мм.

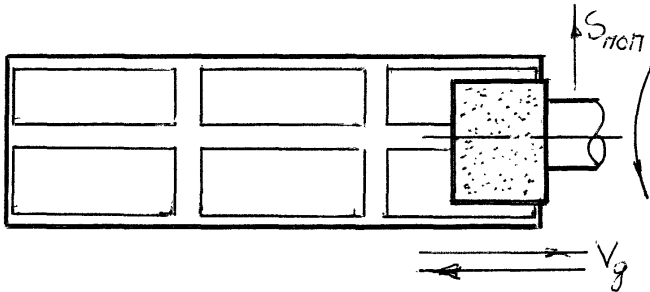


Рис. 6. Схема плоского шлифования периферией круга на станках с прямоугольным столом

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 50–55 HRC₃; габариты деталей (длина и ширина) $l \times b = 300 \times 100$ мм; шероховатость обработки $Ra = 1,6$ мкм; ширина круга 50 мм; поперечная подача $S_{\text{поп}} = 20$ мм/ход; вертикальная подача $S_{\text{вер}} = 0,024$ мм/ход; скорость вращения детали $V_{\text{дет}} = 16$ м/мин; скорость шлифовального круга $V_{\text{шл.к}} = 35$ м/с; число оборотов круга $n_{\text{шл.кр}} = 1670$ мин⁻¹; период стойкости круга $T = 25$ мин; припуск на обработку $z = 0,25$ мм; сила резания $P_y = 400$ Н; точность станка повышенная П; жёсткость станка $\gamma = 25000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных

миниметром с ценой деления 5 мкм: $L_1 = 19,972$ мм; $L_2 = 19,981$ мм; $L_3 = 119,992$ мм; $L_4 = 20,0$ мм; $L_5 = 19,963$ мм.

Порядок расчета

1. $\Delta_m = 19$ мкм (см. табл. 1); $\Delta_{см}(\Delta_{н.у}) = \frac{19}{\sqrt{5}} = 8,5$ мкм, формула (8); $\sigma_m = 19/6 = 3,2$ мкм, формула (9).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{рег} = 20$ мкм (см. табл. 4).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{изм} = 5$ мкм (табл. 3).

4. Погрешность настройки по формуле (6)

$$\Delta_{н.д} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 8,5^2} = 26,7 \text{ мкм.}$$

5. Допуск на настройку $/T_n$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 40$ мкм, $\Delta_m = 19$ мкм, $\Delta_{см}(\Delta_{н.у}) = 8,5$ мкм, $\Delta_{изм} = 5$ мкм.

Для определения δ_c по формуле (10) находим путь резания l по формуле (15) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

Площадь поверхности одной детали

$$S_{дет}^{пр} = 300 \cdot 100 = 3 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (42).}$$

Площадь стола станка

$$F_{ст} = 100 \cdot 320 = 32 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (40).}$$

Сумма площадей шлифуемых поверхностей

$$F_d = 32 \cdot 10^4 \cdot 0,65 = 20,8 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (39).}$$

Количество деталей на столе станка

$$q = \frac{20,8 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^4} \approx 6 \text{ дет.}, \text{ формула (38);}$$

$$L_{\text{пр}} = 300 \cdot 6 + 25 = 1825 \text{ мм, формула (36);}$$

$$B_{\text{прив}} = 100 \cdot 6 + 50 + 5 = 655 \text{ мм, формула (37);}$$

$$T_0 = \frac{1825 \cdot 655 \cdot 0,25}{1000 \cdot 16 \cdot 20 \cdot 6 \cdot 0,024} = 6,5 \text{ мин, формула (21);}$$

$$n = 25/6,5 = 4 \text{ дет.}, \text{ формула (29);}$$

$$l = (3,14 \cdot 400 \cdot 1670 \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 4) / (1000 \cdot 16 \cdot 0,024 \cdot 20) = \\ = 13656 \text{ м, формула (15);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_c = \frac{0,03 \cdot 13656}{1000} = 0,4 \text{ мкм, формула (11);}$$

$$l_{\text{Н}} = \sqrt{40^2 - 19^2 - 85,5 - 5^2} = \sqrt{1141} = 33,8 \text{ мкм.}$$

6. Уровень настройки по формуле (2)

$$D_0 = 20,0 - 0,0004 + 3 \cdot 0,0032 - 0,017 = 19,97 \text{ мм.}$$

7. Среднее арифметическое пробных деталей по формуле (4)

$$\bar{L} = \frac{19,972 + 19,981 + 19,992 + 20,0 + 19,963}{5} = 19,981 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{L} - L_0 = 19,981 - 19,97 = 0,0011$ мм, формула (3).

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 3,2 = 3,7$ мкм, формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{\text{н.д}} = 26,7 \text{ мкм}; \quad \bar{L} - L_0 = 11,0 \text{ мкм};$$

$$IT_{\text{н}} = 33,8 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 3,7 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{н.д}} < IT_{\text{н}}: 26,7 \text{ мкм} < 33,8 \text{ мкм};$$

$$\bar{X} - X_0 \not\leq \varepsilon: 11,0 \text{ мкм} > 3,7 \text{ мкм}.$$

Вывод: погрешность настройки $\Delta_{\text{н.д}}$ меньше допуска на настройку $IT_{\text{н}}$, т. е. метод настройки выбран верно, но так как значение $\bar{L} - L_0$ превышает величину допустимой абсолютной погрешности настройки ε , требуется подналадка шлифовального круга.

Пример П7

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при плоском шлифовании периферией круга на станках с круглым столом. Диаметры стола станка: наружный $d_{\text{н}} = 1000$ мм, $d_{\text{вн.}} = 300$ мм.

Размер обработки по высоте деталей $H = 32_{-0,039}$ мм.

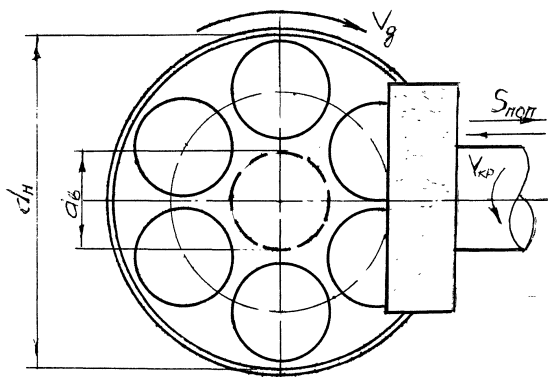


Рис. 7. Схема плоского шлифования периферией круга на станках с круглым столом

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 50–55 HRC₃; диаметр шлифуемых деталей $D_{дет} = 300$ мм; шероховатость обработки $Ra = 1,6$ мкм; ширина круга 50 мм; поперечная подача $S_{поп} = 20$ мм/об; вертикальная подача $S_{вер} = 0,038$ мм/дв.ход; скорость вращения стола $V_{дет} = 16$ м/мин; скорость шлифовального круга $V_{шл.к} = 35$ м/с; число оборотов круга $n_{шл.кп} = 1670$ мин⁻¹; период стойкости круга $T = 25$ мин; припуск на обработку $z = 0,2$ мм; сила резания $P_y = 500$ Н; точность станка – высокая В; жёсткость станка $\gamma = 30000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $L_1 = 31,971$ мм; $L_2 = 31,983$ мм; $L_3 = 31,992$ мм; $L_4 = 32,0$ мм; $L_5 = 31,962$ мм.

Порядок расчета

1. $\Delta_m = 12$ мкм (см. табл. 1); $\sigma_m = 12/6 = 2$ мкм, формула (9);
 $\Delta_{см} = \frac{\Delta_m}{\sqrt{5}} = 12/2,23 = 5,4$ мкм, формула (8).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{рег}} = 20$ мкм (см. табл. 4).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм (см. табл. 3).

4. Погрешность настройки по формуле (6):

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 5,4^2} = 25,57 \text{ мкм}.$$

5. Допуск на настройку $/T_{\text{н}}$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 39$ мкм, $\Delta_m = 12$ мкм, $\Delta_{\text{см}} = 5,4$ мкм, $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм.

Для определения δ_c по формуле (10) находим путь резания l по формуле (16) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

Площадь поверхности одной детали

$$S_{\text{дет}}^{\text{кр}} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 10^4}{4} = 7 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (41).}$$

Площадь стола станка

$$F_{\text{ст}} = \frac{3,14 \cdot (100 - 9)}{4} = 71,4 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (45).}$$

Сумма площадей шлифуемых поверхностей

$$F_{\text{д}} = 71,4 \cdot 10^4 \cdot 0,65 = 46,4 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (39);}$$

Количество деталей на столе станка

$$q = \frac{46,4 \cdot 10^4}{7 \cdot 10^4} \approx 6 \text{ дет.}, \text{ формула (38);}$$

$$D_{\text{пр}} = (1000 + 300) / 2 = 650 \text{ мм, формула (43);}$$

$$L_{\text{кр}} = \frac{1000 - 300}{2} + 50 + 10 = 410 \text{ мм, формула (44);}$$

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 650 \cdot 410 \cdot 0,2}{1000 \cdot 16 \cdot 20 \cdot 6 \cdot 0,038} = 2,3 \text{ мин, формула (22);}$$

$$n = 25 / 2,3 = 11 \text{ дет., формула (29);}$$

$$l = (3,14 \cdot 400 \cdot 1670 \cdot 50 \cdot 0,2 \cdot 11) / (1000 \cdot 16 \cdot 0,038 \cdot 20) = \\ = 18974 \text{ м, формула (16);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_c = \frac{0,03 \cdot 18974}{1000} \approx 0,6 \text{ мкм, формула (10);}$$

$$l/T_n = \sqrt{39^2 - 12^2 \cdot 3 \cdot 0,6^2 - 5,4 - 5^2} = 36,4 \text{ мкм, формула (7).}$$

6. Уровень настройки, формула (2):

$$L_0 = 32,0 - 0,00006 - 3 \cdot 0,002 - 0,018 = 31,996 \text{ мм.}$$

7. Среднее арифметическое пробных деталей, формула (4):

$$\bar{L} = \frac{31,971 + 31,983 + 31,992 + 32,0 + 31,962}{5} = 31,982 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{L} - L_0 = 31,996 - 31,982 = 0,014 \text{ мм, формула (3).}$

9. Абсолютная погрешность настройки $\epsilon = 1,15 \cdot 2,0 = 2,3 \text{ мкм,}$
формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{\text{н.д}} = 25,57 \text{ мкм}; \quad \bar{L} - L_0 = 14,0 \text{ мкм};$$

$$IT_{\text{н}} = 36,4 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 2,3 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{н.д}} < IT_{\text{н}}: 25,57 \text{ мкм} < 36,4 \text{ мкм};$$

$$\bar{L} - L_0 \not\leq \varepsilon: 14,0 \text{ мкм} > 2,3 \text{ мкм}.$$

Вывод: погрешность настройки $\Delta_{\text{н.д}}$ меньше допуска на настройку $IT_{\text{н}}$, т. е. метод настройки выбран верно, но так как значение $\bar{L} - L_0$ превышает величину допустимой абсолютной погрешности настройки ε , требуется подналадка шлифовального круга.

Пример П 8

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при плоском шлифовании торцом круга на станках с круглым столом. Диаметры стола станка: наружный $d_{\text{н}} = 1000$ мм, внутренний $d_{\text{вн}} = 300$ мм.

Размер обработки по высоте деталей $H = 25_{-0,04}$ мм.

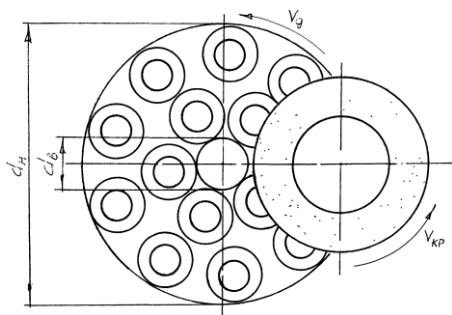


Рис. 8. Схема плоского шлифования торцом круга на станках с круглым столом

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 50–55 HRC₃; диаметр шлифуемых деталей $D_{\text{дет.}} = 200$ мм; шеро-

ховатость обработки $Ra = 1,6$ мкм; вертикальная подача $S_{\text{вер}} = 0,013$ мм/об.ст; скорость вращения стола $V_{\text{дет}} = 16$ м/мин; период стойкости круга $T = 15$ мин; припуск на обработку $z = 0,2$ мм; сила резания $P_y = 300$ Н; точность станка высокая В; жёсткость станка $\gamma = 20000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $L_1 = 24,961$ мм; $L_2 = 24,972$ мм; $L_3 = 24,982$ мм; $L_4 = 24,993$ мм; $L_5 = 25,0$ мм.

Порядок расчета

$$1. \Delta_m = 12 \text{ мкм (см. табл.1); } \Delta_{\text{см}} = \frac{\Delta_m}{\sqrt{5}} = 12/2,23 = 5,38 \text{ мкм ,}$$

формула (8); $\sigma_m = 12/6 = 2$ мкм, формула (9).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{рег}} = 20$ мкм (см. табл. 4).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм (см. табл. 3).

4. Погрешность настройки по формуле (6):

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 5,38^2} = 25,56 \text{ мкм .}$$

5. Допуск на настройку IT_n определяется по формуле (7).

В нашем случае $IT_A = 40$ мкм, $\Delta_m = 12$ мкм, $\Delta_{\text{см}} = 5,38$ мкм, $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм.

Для определения δ_c по формуле (10) находим путь резания l по формуле (17) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

Сумма площадей шлифуемых поверхностей с учетом коэффициента заполнения стола станка, равно 0,65:

$$F_{\text{дет}} = 46,4 \cdot 10^4 \text{ мм}^2 \text{ (аналогично примеру 7).}$$

Площадь поверхности одной детали

$$S_{\text{дет}}^{\text{кр}} = 3,14 \cdot 4 \cdot 10^4 / 4 = 3,14 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (41)}.$$

Количество деталей на столе станка

$$q = \frac{46,4 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 10^4} \approx 15 \text{ дет.}, \text{ формула (41)};$$

$$D_{\text{пр}} = (1000 + 300) : 2 = 650 \text{ мм}, \text{ формула (43)};$$

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 650 \cdot 0,2}{1000 \cdot 16 \cdot 0,013 \cdot 15} = 0,15 \text{ мин}, \text{ формула (23)};$$

$$n = 15 / 0,15 = 100 \text{ дет.}, \text{ формула (31)};$$

$$E_{\text{пр}}^{\text{кр}} = \frac{46,4 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 650} \approx 227 \text{ мм}, \text{ формула (31)};$$

$$n_{\text{ст}} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 650} = 8 \text{ мин}^{-1}, \text{ формула (32)};$$

$$l = (3,14 \cdot 650 \cdot 8 \cdot 227 \cdot 0,2 \cdot 100) / (1000 \cdot 16 \cdot 0,013) = \\ = 356390 \text{ м}, \text{ формула (17)};$$

$$\delta_c = \frac{0,03 \cdot 356 \cdot 390}{1000} \approx 10,7 \text{ мкм}, \text{ формула (10)};$$

$$l_{\text{н}} = \sqrt{40^2 - 12^2 \cdot 3 \cdot 10,7^2 - 5,4^2 - 5^2} = 32,5 \text{ мкм}, \text{ формула (7)}.$$

6. Уровень настройки, формула (2):

$$L_0 = 25,0 - 0,017 - 3 \cdot 0,002 - 0,012 = 24,965 \text{ мм}.$$

7. Среднее арифметическое пробных деталей, формула (4):

$$\bar{L} = \frac{24,961 + 24,972 + 24,982 + 24,993 + 25,0}{5} = 24,982 \text{ мм} .$$

8. Величина $\bar{L} - L_0 = 24,982 - 24,965 = 0,017 \text{ мм}$, формула (3).

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 2,0 = 2,3 \text{ мкм}$, формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{\text{н.д}} = 25,56 \text{ мкм}; \quad \bar{L} - L_0 = 17,0 \text{ мкм} ;$$

$$IT_{\text{н}} = 32,5 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 2,3 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{н.д}} < IT_{\text{н}}: 25,56 \text{ мкм} < 32,5 \text{ мкм};$$

$$\bar{L} - L_0 \not\leq \varepsilon: 17,0 \text{ мкм} > 2,3 \text{ мкм}.$$

Вывод: погрешность настройки $\Delta_{\text{н.д}}$ меньше допуска на настройку $IT_{\text{н}}$, т. е. метод настройки выбран верно, но так как значение $\bar{L} - L_0$ превышает величину допустимой абсолютной погрешности настройки ε , требуется подналадка шлифовального круга.

Пример П9

Настройка динамическим методом при контроле пробных деталей универсальным измерительным инструментом при плоском шлифовании торцом круга на станках с прямоугольным столом (размеры стола $L \times B = 100 \times 320 \text{ мм}$). Размер обработки по высоте деталей $H = 28_{-0,033} \text{ мм}$.

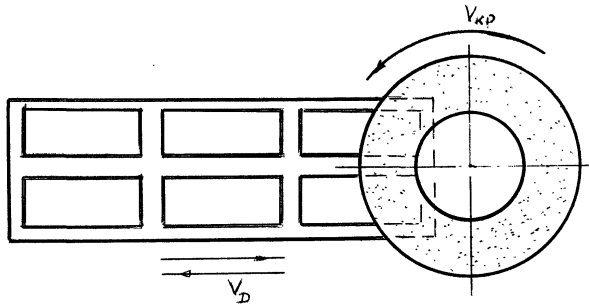


Рис. П9. Схема плоского шлифования торцом круга на станках с прямоугольным столом

Исходные данные

Материал деталей – сталь конструкционная, твердость 50–55 HRC₃; габариты деталей (длина × ширина) $l \times b = 3000 \times 100$ мм; ширина круга $B_{кр} = 50$ мм; вертикальная подача $S_{вер} = 0,01$ мм/ход; скорость вращения детали $V_{дет} = 16$ м/мин; период стойкости круга $T = 25$ мин; припуск на обработку $z = 0,25$ мм; сила резания $P_y = 600$ Н; точность станка – особо высокая А; жёсткость станка $\gamma = 40000$ Н/мм; размеры пробных деталей, измеренных миниметром с ценой деления 5 мкм: $L_1 = 27,982$ мм; $L_2 = 27,991$ мм; $L_3 = 28,0$ мм; $L_4 = 27,973$ мм; $L_5 = 27,962$ мм.

Порядок расчета

$$1. \Delta_m = 11 \text{ мкм (см. табл. 1); } \Delta_{см.} = \frac{\Delta_m}{\sqrt{5}} = 11/2,23 = 4,9 \text{ мкм,}$$

формула (8); $\sigma_m = 11/6 = 1,8$ мкм, формула (9).

2. Погрешность регулирования по индикатору с ценой деления 5 мкм $\Delta_{рег} = 20$ мкм (см. табл. 4).

3. Погрешность измерения пробных деталей по миниметру с ценой деления 5 мкм $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм (см. табл. 3).

4. Погрешность настройки по формуле (6):

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2\sqrt{20^2 + 5^2 + 4,9^2} = 25,4 \text{ мкм.}$$

5. Допуск на настройку $/T_{\text{н}}$ определяется по формуле (7).

В нашем случае $/TA = 33$ мкм, $\Delta_m = 11$ мкм, $\Delta_{\text{см}} = 8,9$ мкм, $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм.

Для определения δ_c по формуле (10) находим путь резания / (18) и число деталей n , обработанных за период стойкости инструмента, формула (29).

Площадь стола станка

$$F_{\text{ст}} = 1000 \cdot 320 = 32 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (40).}$$

Сумма площадей шлифуемых поверхностей с учетом коэффициента заполнения стола станка, равном 0,65:

$$F_{\text{дет}} = 32 \cdot 10^4 \cdot 0,65 = 20,8 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (39).}$$

Площадь поверхности одной детали

$$S_{\text{дет}}^{\text{пр}} = 3 \cdot 10^4 \text{ мм}^2, \text{ формула (42).}$$

Количество деталей на столе станка

$$q = \frac{20,8 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^4} = 6 \text{ дет.}, \text{ формула (38);}$$

$$L_{\text{раб.х}} = 300 \cdot 3 + 400 + 10 = 1310 \text{ мм, формула (46);}$$

$$T_0 = \frac{1310 \cdot 0,25}{1000 \cdot 16 \cdot 0,01 \cdot 6} = 0,34 \text{ мин, формула (24);}$$

$$n = 25 / 0,34 = 73 \text{ дет., формула (29);}$$

$$B_{\text{пр}}^{\text{кр}} = \frac{20,8 \cdot 10^4}{13,1 \cdot 10^2} = 159 \text{ мм, формула (33);}$$

$$n_{\text{дв.х}} = \frac{1000 \cdot 16}{2 \cdot 1000} = 8 \text{ дв.х./ мин, формула (34);}$$

$$l = (3,14 \cdot 400 \cdot 8 \cdot 159 \cdot 0,25 \cdot 73) / (1000 \cdot 16 \cdot 0,01) = \\ = 182230 \text{ м, формула (18);}$$

$$u_0 = 0,03 \text{ мкм/км (см. табл. 2);}$$

$$\delta_c = \frac{0,03 \cdot 182230}{1000} = 5,4 \text{ мкм, формула (10);}$$

$$l_{\text{н}} = \sqrt{33^2 - 11^2 - 3 \cdot 5,4^2 - 4,9^2 - 5^2} = \\ = \sqrt{831} = 28,8 \text{ мкм, формула (7).}$$

6. Уровень настройки, формула (2):

$$L_0 = 28,0 - 0,0054 - 3 \cdot 0,002 - 0,0145 = 27,97 \text{ мм.}$$

7. Среднее арифметическое пробных деталей по формуле (4)

$$\bar{L} = \frac{27,982 + 27,991 + 28,0 + 27,973 + 27,962}{5} = 27,982 \text{ мм.}$$

8. Величина $\bar{L} - L_0 = 27,982 - 27,97 = 0,012 \text{ мм, формула (3).}$

9. Абсолютная погрешность настройки $\varepsilon = 1,15 \cdot 1,8 = 2,1$ мкм, формула (5).

10. Проверяем соотношения по формулам (1) и (3).

В нашем случае

$$\Delta_{\text{н.д}} = 25,4 \text{ мкм}; \quad \bar{L} - L_0 = 12,0 \text{ мкм};$$

$$IT_{\text{н}} = 28,8 \text{ мкм}; \quad \varepsilon = 2,1 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{н.д}} < IT_{\text{н}}: 25,4 \text{ мкм} < 28,8 \text{ мкм};$$

$$\bar{L} - L_0 \not\leq \varepsilon: 12,0 \text{ мкм} > 2,1 \text{ мкм}.$$

Вывод: погрешность настройки $\Delta_{\text{н.д}}$ меньше допуска на настройку $IT_{\text{н}}$, т. е. метод настройки выбран верно, но так как значение $\bar{L} - L_0$ превышает величину допустимой абсолютной погрешности настройки ε , требуется подналадка шлифовального круга.

Таблица П1

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для шлифования наружной цилиндрической поверхности с продольной подачей при установке детали в центрах

Но- мер вари- анта	Размер обработ- ки D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жест- кость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Длина детали L_d , мм	Припуск на диаметр z , мм	Скорость вращения детали $V_{дет.}$ м/мин	Продоль- ная подача $S_{прод.}$ мм/мин	Попереч- ная подача $S_{поп.}$ мм/дв.х.	Твердость конструк- ционной стали, HRC ₃	Размеры проб- ных деталей D , мм
1	15 _{-0,027}	200	Особо высокая А; 25000	200	0,4	25,0	4000	0,02	30–50	14,981; 14,992; 15,0; 15,012; 14,973
2	30 _{-0,033}	250	Высокая В; 15000	150	0,4	27,0	3600	0,017	30–50	29,971; 29,983; 29,992; 30,012; 29,961
3	60 _{-0,046}	250	Высокая В; 15000	245	0,5	37,0	2500	0,02	50–55	59,962; 59,971; 59,983; 60,021; 59,953
4	90 _{-0,057}	500	Высокая В; 15000	260	0,7	45,0	2100	0,024	50–55	89,952; 89,973; 89,981; 90,034; 89,941
5	120 _{-0,063}	200	Особо высокая А; 25000	270	0,7	42,0	2100	0,02	50–55	119,951; 119,972; 119,993; 120,021; 119,942

Для всех вариантов:

1. Скорость шлифовального круга $V_{кр} = 35$ м/с;
2. Диаметр шлифовального круга $D_{шл.к} = 400$ мм;
3. Число оборотов шлифовального круга $n_{шл.к} = 1670$ мин⁻¹;
4. Ширина круга $B_{кр} = 40$ мм;
5. Стойкость шлифовального круга $T = 40$ мин.

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для шлифования наружной цилиндрической поверхности с поперечной подачей при установке детали в центрах

Но- мер вари- анта	Размер обработ. пов-ти D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жест- кость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Шири- на шли- фован- ия мм	При- пуск на диаметр z , мм	Скорость вращения детали $V_{дет.}$ м/мин	Попереч- ная подача $S_{поп.}$ мм/мин	Шерохова- тость обра- бот. пов-ти Ra мкм	Твердость конструк- ционной стали, HRC ₃	Размеры проб- ных деталей D , мм
1	20 _{-0,021}	250	Особо высокая А; 15000	До 40,0	0,3	25,0	1,85	0,8	30–50	19,981; 19,993; 20,0; 20,02; 19,972
2	32 _{-0,025}	400	Высокая В; 20000	До 100,0	0,3	27,0	1,27	1,6	30–50	31,983; 31,992; 32,0; 32,013; 32,974
3	50 _{-0,039}	450	Высокая В; 25000	До 40,0	0,45	30,0	1,11	0,8	30–50	49,972; 49,981; 49,993; 50,032; 49,961
4	63 _{-0,030}	300	Высокая В; 15000	До 100,0	0,5	39,0	0,86	1,6	50–55	62,982; 62,991; 63,0; 63,024; 62,973
5	80 _{-0,046}	400	Особо высокая А; 25000	До 160,0	0,5	37,0	0,66	0,8	50–55	79,962; 79,982; 80,0; 80,013; 79,971

Для всех вариантов:

1. Скорость шлифовального круга $V_{кр} = 35$ м/с;
2. Диаметр шлифовального круга $D_{шл.к} = 400$ мм;
3. Число оборотов шлифовального круга $n_{шл.к} = 1670$ мин⁻¹;
4. Стойкость шлифовального круга $T = 20$ мин.

Таблица ПЗ

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для бесцентрового шлифования наружной цилиндрической поверхности с продольной подачей

Но- мер вари- анта	Размер обработ. поверхности D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жест- кость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Шири- на шли- фова- ния мм	При- пуск на диаметр z , мм	Продоль- ная подача $S_{прод.}$ мм/мин	Число прохо- дов i	Скорость вращения детали $V_{дет.}$ м/мин	Твердость конструк- ционной стали, HRC _s	Размеры проб- ных деталей D , мм
1	18 _{-0,027}	200	Особо высокая А; 25000	240	0,1	1600	2	24,0	30–50	17,981; 17,992; 18,0; 18,023; 17,972
2	28 _{-0,033}	300	Высокая В; 31000	300	0,2	1500	2	22,0	30–50	27,972; 27,981; 27,993; 28,0; 28,032
3	45 _{-0,039}	400	Высокая В; 35000	3500	0,3	1026	2	20,0	30–50	44,973; 44,982; 44,991; 45,0; 45,032
4	80 _{-0,046}	500	Высокая В; 45000	400	0,4	1010	3	18,0	30–50	79,961; 79,972; 79,982; 79,993; 80,032
5	100 _{-0,057}	550	Особо высокая А; 50000	450	0,5	937	3	16,0	30–50	99,952; 99,961; 99,973; 99,981; 100,023

Для всех вариантов:

1. Диаметр шлифовального круга $D_{шл.к} = 400$ мм;
2. Число оборотов шлифовального круга $n_{шл.к} = 1670$ мин⁻¹;
3. Диаметр ведущего круга $D_{в.к} = 200$ мм;
4. Стойкость шлифовального круга $T = 40$ мин.

**Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом
по пробным деталям для бесцентрового шлифования наружной
цилиндрической поверхности с поперечной подачей**

Но- мер вари- анта	Размер обраб. пов-ти D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жест- кость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Шири- на шли- фова- ния мм	При- пуск на диаметр z , мм	Попереч- ная подача $S_{поп.}$ мм/мин	Скорость вращения детали $V_{дет.}$ м/мин	Шерохова- тость обра- бот. пов-ти Ra мкм	Твердость конструк- ционной стали, HRC ₃	Размеры проб- ных деталей D , мм
1	30 _{-0,052}	300	Особо высокая А; 25000	До 40	0,2	25,0	1,85	0,8	30–50	29,951; 29,963; 29,982; 29,992; 30,021
2	40 _{-0,062}	400	Высокая В; 30000	До 100	0,3	27,0	1,27	1,6	30–50	39,951; 39,973; 39,992; 40,032; 39,985
3	50 _{-0,039}	500	Высокая В; 35000	До 160	0,5	30,0	1,11	0,8	30–50	49,972; 49,983; 49,991; 50,023; 49,985
4	60 _{-0,046}	550	Высокая В; 40000	До 40	0,5	39,0	0,86	1,6	30–50	59,962; 59,973; 59,981; 60,034; 59,992
5	80 _{-0,074}	600	Особо высокая А; 50000	До 100	0,7	37,0	0,66	0,8	30–50	79,931; 79,953; 79,972; 80,023; 79,946

Для всех вариантов:

1. Скорость шлифовального круга $V_{кр} = 35$ м/с;
2. Диаметр шлифовального круга $D_{шл.к} = 400$ мм;
3. Стойкость шлифовального круга $T = 40$ мин.

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для шлифования отверстий с продольной подачей

Но- мер вари- анта	Размер обработ- ки D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жест- кость станка $\gamma_{ст}$, Н/мм	Длина детали L_d , мм	Припуск на диаметр Z , мм	Скорость вращения детали $V_{дет}$, м/мин	Попереч- ная подача $S_{поп}$, мм/дв.х.	Продоль- ная подача $S_{прод}$, мм/мин	Твердость конструк- ционной стали, HRC ₃	Размеры проб- ных деталей D , мм
1	40 ^{+0,025}	250	Особо высокая А; 15000	100	0,3	35,0	0,0038	3000	30–50	40,0; 39,991; 40,013; 40,022; 40,032
2	60 ^{+0,030}	350	Высокая В; 20000	120	0,5	45,0	0,0062	2500	30–50	59,992; 60,0; 60,013; 60,022; 60,034
3	80 ^{+0,046}	300	Высокая В; 10000	140	0,3	50,0	0,0074	1500	30–50	80,012; 80,023; 80,032; 80,044; 80,052
4	110 ^{+0,054}	400	Высокая В; 25000	160	0,27	55,0	0,0035	2000	30–50	110,012; 110,023; 110,032; 110,041; 110,054
5	120 ^{+0,087}	500	Особо высокая А; 12000	180	0,5	60,0	0,0056	2400	30–50	120,022; 120,045; 120,062; 120,081; 120,122

Для всех вариантов:

1. Скорость шлифовального круга $V_{кр} = 35$ м/с;
2. Стойкость шлифовального круга $T = 15$ мин.

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом
по пробным деталям для плоского шлифования периферией круга
на станках с прямоугольным столом

Номер варианта	Размер обраб. пов-ти D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жесткость станка $\gamma_{ст.}$ Н/мм	Припуск на диаметр Z , мм	Поперечная подача $S_{поп.}$ мм/ход	Вертикальная подача $S_{верт.}$ мм/ход	Габариты деталей, $l \times b$, мм	Твердость конструкционной стали, HRC ₃	Размеры пробных деталей D , мм
1	5 _{-0,018}	300	Повышенная П; 20000	0,17	12,5	0,028	200 × 100	50–55	4,9852; 4,9883; 4,991; 5,022; 5,0
2	10 _{-0,022}	400	Повышенная П; 25000	0,25	18,0	0,024	250 × 150	50–55	9,983; 9,972; 9,991; 10,032; 10,023
3	15 _{-0,027}	500	Высокая В; 30000	0,35	27,0	0,02	250 × 100	50–55	14,972; 14,982; 14,991; 15,023; 15,014
4	25 _{-0,021}	600	Высокая В; 35000	0,5	12,5	0,057	200 × 150	50–55	24,972; 24,983; 24,992; 25,032; 25,0
5	30 _{-0,039}	700	Особо высокая А; 40000	0,35	38,0	0,014	280 × 120	50–55	29,962; 29,973; 29,981; 30,024; 30,012

Для всех вариантов:

1. Диаметр шлифовального круга $D_{шл.к} = 400$ мм;
2. Число оборотов шлифовального круга $n_{шл.к} = 1670$ мин⁻¹;

3. Ширина шлифовального круга $B_{кр} = 50$ мм;
4. Скорость движения стола $V_{ст} = 16$ м/мин;
5. Сумма площадей шлифуемых поверхностей $F_{д} = 20,8 \cdot 10^4$ мм²;
6. Стойкость шлифовального круга $T = 25$ мин.

Таблица П7

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для плоского шлифования периферией круга на станках с круглым столом

Номер варианта	Размер обраб. пов-ти D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жесткость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Припуск на диаметр z , мм	Поперечная подача $S_{поп.}$, мм/ход	Вертикальная подача $S_{верт.}$, мм/ход	Диаметр шлифуемых деталей, $D_{дет.}$, мм	Твердость конструкционной стали, HRC ₃	Размеры пробных деталей D , мм
1	4 _{,0,03}	250	Повышенная П; 23000	0,17	16	0,029	250	50–55	3,971; 3,992; 3,984; 4,0; 4,023
2	12 _{,0,043}	300	Высокая В; 27000	0,25	25	0,025	200	50–55	9,983; 9,972; 9,991; 10,032; 10,023
3	20 _{,0,052}	400	Особо высокая А; 37000	0,35	38	0,022	150	50–55	19,952; 19,973; 19,961; 19,983; 19,992
4	27 _{,0,033}	500	Высокая В; 35000	0,5	25	0,06	280	50–55	26,972; 26,981; 26,994; 27,034; 27,033
5	32 _{,0,062}	600	Повышенная П; 25000	0,25	16	0,038	350	50–55	31,942; 31,961; 31,953; 31,984; 31,975

Для всех вариантов:

1. Диаметр шлифовального круга $D_{шл.к} = 400$ мм;

2. Число оборотов шлифовального круга $n_{\text{шл.к}} = 1670 \text{ мин}^{-1}$;
3. Ширина шлифовального круга $B_{\text{кр}} = 63 \text{ мм}$;
4. Скорость движения стола $V_{\text{ст}} = 16 \text{ м/мин}$;
5. Средний диаметр расположения изделий на столе $D_{\text{пр}} = 650 \text{ мм}$;
6. Длина шлифования $L_{\text{кр}} = 410 \text{ мм}$;
7. Сумма площадей шлифуемых поверхностей $F_{\text{д}} = 46,4 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$;
8. Стойкость шлифовального круга $T = 25 \text{ мин}$.

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для плоского шлифования торцом круга на станках с круглым столом

Номер варианта	Размер обраб. пов-ти D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жесткость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Припуск на диаметр Z , мм	Вертикальная подача $S_{верт.}$, мм/об	Диаметр шлифуемых деталей, $D_{дет.}$, мм	Твердость конструкционной стали, HRC ₃	Размеры пробных деталей D , мм
1	3 _{0,03}	300	Высокая В; 30000	0,17	0,01	170	50–55	2,982; 2,991; 3,0; 3,013; 3,024
2	15 _{0,027}	350	Особая высокая А; 40000	0,25	0,013	100	50–55	14,982; 14,991; 15,0; 15,023; 15,012
3	25 _{0,033}	500	Высокая В; 35000	0,35	0,016	260	50–55	24,971; 24,983; 24,992; 25,0; 25,023
4	28 _{0,021}	600	Особо высокая А; 45000	0,5	0,02	300	50–55	27,981; 27,992; 28,0; 28,013; 28,025
5	30 _{0,039}	700	Высокая В; 30000	0,25	0,013	320	50–55	29,973; 29,982; 29,994; 30,0; 30,023

Для всех вариантов:

1. Скорость вращения стола $V_{ст} = 16$ м/мин;
2. Средний диаметр расположения деталей на столе $D_{пр} = 650$ мм;
3. Приведенная ширина обработки $B_{пр} = 200$ мм;
4. Стойкость шлифовального круга $T = 15$ мин;
5. Число оборотов стола станка $n_{ст} = 8$ мин⁻¹;
6. Сумма площадей шлифуемых поверхностей $F_d = 46,4 \cdot 10^4$ мм².

Таблица П9

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом по пробным деталям для плоского шлифования торцом круга на станках с прямоугольным столом

Номер варианта	Размер обраб. пов-ти D , мм	Сила резания P_y , Н	Точность станка; жесткость станка $\gamma_{ст.}$, Н/мм	Припуск на диаметр Z , мм	Вертикальная подача $S_{верт.}$, мм/ход	Габариты деталей, $l \times b$, мм	Твердость конструкционной стали, HRC ₃	Размеры пробных деталей D , мм
1	8 _{-0,02}	400	Особо высокая А; 40000	0,17	0,0081	150 × 100	50–55	7,981; 7,992; 8,0; 8,023; 8,045
2	12 _{-0,025}	500	Особо высокая А; 45000	0,25	0,01	200 × 100	50–55	11,982; 11,993; 12,0; 12,012; 12,034
3	15 _{-0,04}	550	Высокая В; 30000	0,35	0,013	100 × 50	50–55	14,972; 14,981; 14,993; 15,0; 15,022
4	20 _{-0,03}	600	Особо высокая А; 50000	0,25	0,01	200 × 150	50–55	19,971; 19,982; 19,994; 20,0; 20,023
5	25 _{-0,05}	650	Повышенная П; 20000	0,5	0,016	120 × 80	50–55	24,962; 24,974; 24,982; 25,0; 24,994

Для всех вариантов:

1. Скорость движения стола $V_{ст} = 16$ м/мин;
2. Число двойных ходов $n = 8$ дв.х/мин;
3. Сумма площадей шлифуемых поверхностей деталей $F_d = 20,8 \cdot 10^4$ мм²;
4. Стойкость шлифовального круга $T = 25$ мин;
5. Диаметр шлифовального круга $D_{ш.кр} = 400$ мм.

Таблица П10

Слой металла $Z_{\text{вых}}$, снимаемый при выхаживании

Время выхаживания $T_{\text{вых}}$, мин	$Z_{\text{вых}}$, мм при минутной подаче S_M , мм/мин				
	0,2	0,5	1,0	2,0	св. 2,0
0,1	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
0,2	0,015	0,035	0,05	0,07	0,08
0,25	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1

Таблица П11

Время на выхаживание $T_{\text{вых}}$

Точность обработки $/TA$, мм	Ширина шлифования, мм	Класс шероховатости поверхности Ra , мкм							
		1,6				0,8			
		$T_{\text{вых}}$ в мин при диаметре шлифуемой шейки D , мм							
		До 16	40	100	160 и более	До 16	40	100	160 и более
До 0,025	До 16	0,08	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
	40	0,09	0,1	0,11	0,13	0,15	0,18	0,2	0,22
	100	0,1	0,11	0,13	0,15	0,17	0,2	0,22	0,25
	Более 160	0,12	0,13	0,15	0,18	0,2	0,23	0,24	0,27
0,025–0,05	До 16	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,13	0,15
	40	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,15	0,17
	100	0,08	0,09	0,1	0,11	0,13	0,14	0,17	0,19
	Более 160	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,19	0,22
Св. 0,05	До 16	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11
	40	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,13
	100	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,14	0,15
	Более 160	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,16	0,17

Учебное издание

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
(шлифовальные станки)

Практическая работа
по дисциплине «Технологии машиностроения»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

С о с т а в и т е л и :
КАНЕ Марк Моисеевич
МЕДВЕДЕВ Анатолий Иванович

Редактор Т.Н. Микулик
Компьютерная верстка Д.К. Измайлович

Подписано в печать 15.03.2010.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,54. Уч.-изд. л. 2,77. Тираж 250. Заказ 691.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.