

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра приладів
та контрольно - вимірювальних систем

Методичний посібник для виконання самостійних робіт
з дисципліни
„Методи і засоби вимірювання механічних величин”
для студентів денної та заочної форм навчання

Тернопіль 2023

Дубиняк Т.С. Методичний посібник для виконання самостійних робіт з дисципліни *„Методи і засоби вимірювання механічних величин.“* для студентів денної та заочної форм навчання. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. – 120 с. (5.4 д.а.)

Розроблено у відповідності з навчальним планом спеціальності 175 „Інформаційно-вимірювальні технології” та робочої програми дисципліни „Методи і засоби вимірювання механічних величин”.

Рецензенти: к.т.н, доцент, в.о. зав. кафедрою конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Крупа В.В.

к.т.н., доцент кафедри сфери обслуговування, технологій та охорони праці Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка
Бочар І.Й.

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри приладів та контрольно-вимірювальних систем.

Протокол № 2 від 04.10.2023 р.

Розглянуто на засіданні науково-методичної комісії факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії.

Протокол № 2 від 05.10.2023 р.

З М І С Т

САМОСТІЙНА РОБОТА №1

„Вибір універсальних вимірювальних засобів для вимірювання розмірів до 500 мм”	4
--	---

САМОСТІЙНА РОБОТА №2

„Диференціальний метод визначення похибок та відносний метод визначення похибок для різних типів механізмів”	10
--	----

САМОСТІЙНА РОБОТА №3

„Синусний механізм і тангенсний механізм”	21
---	----

САМОСТІЙНА РОБОТА №4

„Кінематичні похибки пристроїв приладів”	29
--	----

САМОСТІЙНА РОБОТА №5

„Кривошипно-шатунний механізм та кулісний механізм”	38
---	----

САМОСТІЙНА РОБОТА №6

„Регулювання пристроїв приладів для різних типів механізмів”	47
--	----

Перелік посилань	54
------------------------	----

Додаток А (Табличні дані для виконання завдань СР №1)	56
---	----

Додаток Б (Завдання)	99
-----------------------------	----

Методичні рекомендації для виконання САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №1

Вибір універсальних вимірювальних засобів для контролю розмірів до 500 мм

Мета роботи – ознайомлення студентів з основними принципами вибору універсальних вимірювальних засобів для вимірювання розмірів до 500 мм зі встановленням основних параметрів розбраковування та призначенням виробничих допусків різними методами.

Вихідними даними для виконання даної роботи є заданий номінальний розмір, квалітет точності, матеріал деталі, відносна точність виготовлення.

Теоретичні відомості

Засіб вимірювання (ЗВ) – технічний засіб, що використовується при вимірюваннях і має нормовані метрологічні характеристики. ЗВ поділяють на міри і вимірювальні прилади.

Міра – це ЗВ, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру.

Вимірювальний прилад (ВП) – це ЗВ, призначений для видачі сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

За призначенням ВП поділяють на:

- універсальні (УВП), призначені для вимірювання однойменних фізичних величин у різних об'єктах вимірювання (наприклад, діаметра, довжини);
- спеціалізовані, що використовуються для вимірювання розмірів окремих видів виробів (наприклад, різьб, зубчастих коліс) або окремих параметрів виробів (наприклад параметрів шорсткості, відхилення форми поверхонь).

За конструкцією УВП поділяють на:

- штрихові прилади з ноніусом (штангенінструменти); прилади з мікрометричними гвинтовими парами (мікрометричні інструменти);
- важільно-механічні прилади;
- важільні (мініметри);
- зубчасті (індикатори годинникового типу);
- важільно-зубчасті (важільні мікрометри, індикатори);
- оптико-механічні (оптикатори, оптиметри, контактні інтерферометри, довжиноміри, вимірювальні машини, вимірювальні мікроскопи, проектори).

Гранична похибка вимірювання – максимально можливе відхилення, на яке результат вимірювання може відрізнятись від дійсного значення вимірюваної величини.

Допустима похибка вимірювання – нормована величина, що залежить від величини і квалітету вимірюваного розміру.

Основні складові похибки вимірювання при дії різних умов:

- похибки, що залежать від ЗВ;
- похибки, що залежать від установчих мір;
- похибки, що залежать від вимірювальних зусиль;
- похибки, що залежать від температурних деформацій;
- специфічні похибки при вимірюванні внутрішніх розмірів.

Суб'єктивні похибки:

- зчитування;
- присутності;
- дії;
- професійні суб'єктивні похибки.

Температурний режим – умовна, виражена в градусах Цельсія, різниця температур об'єкта вимірювання і ЗВ:

$$\Theta = \sqrt{\left[\Delta_{t1} \frac{(\alpha_{ЗВ} - \alpha_{Д})_{\max}}{11,6 \cdot 10^{-6}} \right]^2 + \left[\Delta_{t2} \frac{\alpha_{\max}}{11,6 \cdot 10^{-6}} \right]^2},$$

де Θ – температурний режим;

Δ_{t1} – допустимі температурні умови вимірювання (відхилення температури середовища від 20°C);

Δ_{t2} – короткочасні коливання температури в процесі вимірювання;

$\alpha_{ЗВ}$ і $\alpha_{Д}$ – відповідно коефіцієнти лінійного розширення матеріалів ЗВ і деталі.

Похибка від температурних деформацій

$$\Delta L = L \cdot \Theta \cdot 11,6 \cdot 10^{-6},$$

де L – вимірюваний розмір.

Параметри розбраковування:

m – кількість деталей, що мають розміри, які виходять за граничні і прийняті в числі придатних (неправильно прийняті);

n – кількість деталей, що мають розміри, які не виходять за граничні, і забраковані (неправильно забраковані);

c – ймовірнісна гранична величина виходу за границі розміру у неправильно прийнятих деталях.

Для врахування впливу похибок вимірювання передбачені можливі варіанти встановлення приймальних границь:

Приймальні границі співпадають з нормованим значенням граничних розмірів виробу, який контролюється, а можливий вплив похибки вимірювання враховується конструктором при виборі квалітету і виду посадки.

Приклад розв'язку

Задачі № 1.1

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №1

Вибір універсальних вимірювальних засобів для контролю розмірів до 500 мм

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Таблиця 1.1

Номінальний розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відносна точність	Матеріал
18	P	9	4	КЧ 30
53	F	11	5	40 ХН
240	C	7	3	АЛ 13
400	B	8	2	ЛС 59-1
26	z	11	3	20 Х
90	n	8	2	Сталь 45
180	m	9	5	ЛА 67-2,5
360	p	5	4	Д 16

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення температурного середовища $20^{\circ}-(dt_1)$ при короткочасному коливанні температури $dt_2=0.4^{\circ}C$.
Визначити параметри розбракування (m, n, c).

Знаходимо значення верхнього і нижнього граничних відхилень

18 P9	ES=-0.01800	EI= -0,06100
53 F11	ES= +0,10400	EI= +0,03000
240 C7	ES= +0,35200	EI= +0,28000
400 B8	ES= +1,41000	EI= +0,54000
26 z11	es= +0,14000	ei= +0,08800
90 n8	es= +0,05800	ei= +0,02300
180 m9	es= +0,05500	ei= +0,01500
360 p5	es= +0,08700	ei= +0,06200

Знаходимо значення допуску

Таблиця 1.2 - Значення допусків розмірів

18 P9	TD=0.043
53 F11	TD=0.074
240 C7	TD=0.072
400 B8	TD=0.087
26 z11	Td=0.052
90 n8	Td=0.035
180 m9	Td=0.04
360 p5	Td=0.025

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{\sigma_{изм}}{TD} \cdot 100\%;$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.012}{0.043} \cdot 100\% = 0.279$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.04}{0.074} \cdot 100\% = 0.54$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.012}{0.072} \cdot 100\% = 0.166$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.024}{0.087} \cdot 100\% = 0.276$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.012}{0.035} \cdot 100\% = 0.576$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.012}{0.035} \cdot 100\% = 0.343$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.03}{0.04} \cdot 100\% = 0.75$$

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{0.01}{0.025} \cdot 100\% = 0.04$$

Виходячи з параметра $A_{мет(\sigma)}$, визначаємо параметри розбракування:

Таблиця 1.3 - Параметри $A_{мет(\sigma)}$

Номінальний розмір, мм	m, %	n, %	c/T
18	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
53	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
240	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
400	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
26	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
90	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
180	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01
360	0.37-0.39	0.7-0.75	0.01

Виходячи з температурного режиму матеріалів деталей і вимірювальних засобів, визначаємо похибку розміру:

$$\Delta l = l(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2)$$

$$\Delta l = \Delta t \cdot l(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$\Delta l_1 = 19.6 \cdot 18(11.1 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.00024696$$

$$\Delta l_2 = 19.6 \cdot 53(12.2 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.0004155$$

$$\Delta l_3 = 19.6 \cdot 240(22 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.04798$$

$$\Delta l_4 = 19.6 \cdot 400(17 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.040768$$

$$\Delta l_5 = 19.6 \cdot 26(12.2 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.0002038$$

$$\Delta l_6 = 19.6 \cdot 90(12.2 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.0007056$$

$$\Delta l_7 = 19.6 \cdot 180(17 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 0.0183456$$

$$\Delta l_8 = 19.6 \cdot 360(26.1 - 11.8) \cdot 10^{-6} = 1.009$$

Контроль розмірів проводимо гладкими граничними калібрами.

У іншому випадку при дрібносерійному виробництві використовують вимірювальні засоби (Додаток А), які вибираємо по значенню граничної похибки.

Для заданих розмірів вони будуть:

18 P9 Мікрометр гладкий МК 25 ГОСТ 6507-90 (похибка 6 мкм)

53 F11 Мікрометр гладкий МК 75 ГОСТ 6507-90 (похибка 8 мкм)

240 C7 Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,05-1 ГОСТ 166-89 (похибка 14 мкм)

400 B8 Штангенциркуль ШЦ-I-500-0,05-1 ГОСТ 166-89 (похибка 18 мкм)

26 z11 Мікрометр гладкий МК 50 ГОСТ 6507-90 (похибка 6 мкм)

90 n8 Мікрометр гладкий МК 100 ГОСТ 6507-90 (похибка 10 мкм)

180 m9 Штангенциркуль ШЦ-I-200-0,05-1 ГОСТ 166-89 (похибка 14 мкм)

360 p5 Штангенциркуль ШЦ-I-400-0,05-1 ГОСТ 166-89 (похибка 18 мкм)

Методичні рекомендації для виконання САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №2

Дифференціальний метод визначення похибок та відносний метод визначення похибок для різних типів механізмів

Мета роботи – ознайомлення студентів з диференціальним та відносний методом визначення похибок для різних типів механізмів

Теоретичні відомості

2.1 Диференціальний метод визначення похибок

Диференціальний метод є єдиним серед методів знаходження похибок (відомі диференціальний метод перетвореного механізму, геометричний метод, метод планів малих переміщень та ін.) чисто аналітичним методом. Інші методи містять як графічні, так і аналітичні методи аналізу, тобто є графоаналітичними.

Диференціальний метод ґрунтується на диференціюванні рівняння

$$S_{вих} = f(S_{вх}, p_1, p_2, \dots, p_m), \quad (2.1)$$

де $p_1, p_2, \dots, p_m$ – значення параметрів, що впливають на вихідний і входять у кінематичний ланцюг механізму.

Повні диференціальні рівняння (2.1)

$$dS_{вих} = \frac{\partial f}{\partial S_{вх}} dS_{вх} + \frac{\partial f}{\partial p_1} dp_1 + \frac{\partial f}{\partial p_2} dp_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial p_m} dp_m, \quad (2.2)$$

Замінюючи нескінченно малі прирости dp_i скінченими Δp_i і позначаючи

$$\frac{\partial f}{\partial p_i} = \xi_i, \quad \text{отримаємо вираз}$$
$$\Delta S_{вих} = \Delta S_{вх} \xi_{вх} + \Delta p_1 \xi_1 + \Delta p_2 \xi_2 + \dots + \Delta p_m \xi_m = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta p_i \xi_i, \quad \text{похибки положення веденої ланки механізму} \quad (2.3)$$

де n – загальна кількість похибок;

ξ_i – коефіцієнт впливу i -ї похибки;

Δp_i – відхилення i -го параметра від номінального розміру.

Коефіцієнти впливу ξ_i є фактично передаточним відношенням i -ї похибки. Вони визначають вплив окремої похибки на положення веденої ланки. В свою

чергу, Δp_i є фактично похибкою параметра p_i . Якщо параметри p_i – лінійні розміри, то їх похибки визначаються допуском розміру T_i , тобто $\Delta p_i = T_i$.

Розглянемо приклад використання диференціального методу на прикладі синусно-зубчастого механізму (рис. 2.1).

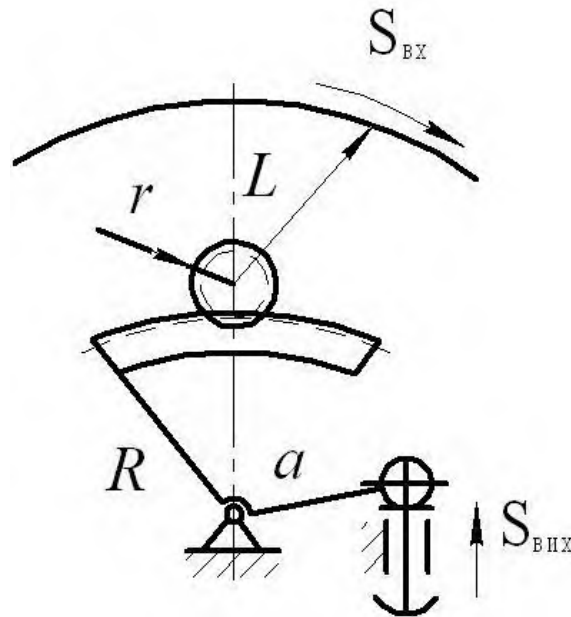


Рисунок 2.1- Схема синусно-зубчастого механізму

Механізм складається з синусного важеля довжиною a і зубчастої передачі з колесами радіусами R і r .

Функцію перетворення механізму визначаємо за формулою

$$S_{вих} = \arcsin\left(\frac{S_{вх}}{a}\right) \frac{R}{r} L. \quad (2.4)$$

При розкладанні залежності (2.4) в ряд, отримаємо наближену залежність функції перетворення

$$S_{вих} \approx \left(\frac{1}{6a^3} S_{вх}^3 + \frac{1}{a} S_{вх} \right) \frac{R}{r} L. \quad (2.5)$$

Використаємо диференціальний метод визначення похибки положення веденої ланки для обох залежностей (2.4) і (2.3).

Коефіцієнт впливу для точної формули (2.4):

$$\xi_{вих} = \frac{\partial S_{вих}}{\partial S_{вх}} = \frac{1}{a^2 \sqrt{1 - \left(\frac{S_{вх}}{a}\right)^2}} \frac{R}{r} L, \quad (2.6)$$

$$\xi_a = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial a} = -\frac{S_{\theta x}}{a^2 \sqrt{1 - \left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right)^2}} \frac{R}{r} L, \quad (2.7)$$

$$\xi_R = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial R} = \arcsin\left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right) \frac{L}{r}, \quad (2.8)$$

$$\xi_r = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial r} = -\arcsin\left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right) \frac{R}{r^2} L, \quad (2.9)$$

$$\xi_L = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial L} = \arcsin\left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right) \frac{R}{r}. \quad (2.10)$$

Похибка положення у відповідності з (2.3)

$$\Delta S_{\theta ux} = \frac{R}{a} \frac{L}{r} \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right)^2}} \Delta \delta_m - \frac{S_{\theta x}}{a \sqrt{1 - \left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right)^2}} \Delta \alpha + \arcsin\left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right) \frac{a}{R} \Delta R - \arcsin\left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right) \frac{a}{r} \Delta r + \arcsin\left(\frac{S_{\theta x}}{a}\right) \frac{a}{L} \Delta L \right] \quad (2.11)$$

Коефіцієнт впливу для наближеної формули (2.5):

$$\xi_{\theta x} = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial S_{\theta x}} = \left(\frac{1}{3a^4} S_{\theta x}^3 + \frac{1}{a} \right) \frac{R}{r} L, \quad (2.12)$$

$$\xi_a = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial a} = \left(\frac{1}{2a^4} S_{\theta x}^3 + \frac{1}{a} S_{\theta x} \right) \frac{R}{r} L, \quad (2.13)$$

$$\xi_R = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial R} = \left(\frac{1}{6a^3} S_{\theta x}^3 + \frac{1}{a} S_{\theta x} \right) \frac{L}{r}, \quad (2.14)$$

$$\xi_r = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial r} = \left(\frac{1}{6a^3} S_{\theta x}^3 + \frac{1}{a} S_{\theta x} \right) \frac{R}{r^2} L, \quad (2.15)$$

$$\xi_L = \frac{\partial S_{\theta ux}}{\partial L} = \left(\frac{1}{6a^3} S_{\theta x}^3 + \frac{1}{a} S_{\theta x} \right) \frac{R}{r}. \quad (2.16)$$

Похибка положення

$$\Delta S_{\text{вих}} = \frac{R}{a} \frac{L}{r} \left[\left(\frac{S_{\text{ex}}^2}{3a^2} + 1 \right) \Delta S_{\text{ex}} - \left(\frac{S_{\text{ex}}^3}{2a^3} + \frac{S_{\text{ex}}}{a} \right) \Delta a + \left(\frac{S_{\text{ex}}^3}{6a^3} + \frac{S_{\text{ex}}}{a} \right) \frac{a}{R} \Delta R - \left(\frac{S_{\text{ex}}^3}{6a^3} + \frac{S_{\text{ex}}}{a} \right) \frac{a}{R} \Delta R - \right. \\ \left. - \left(\frac{S_{\text{ex}}^3}{6a^3} + \frac{S_{\text{ex}}}{a} \right) \frac{a}{r} \Delta r + \left(\frac{S_{\text{ex}}^3}{6a^3} + \frac{S_{\text{ex}}}{a} \right) \frac{a}{L} \Delta L \right] \quad (2.17)$$

Приклад розв'язку

Задачі 2.1

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №2

Визначити похибку положення синусно-зубчастого механізму (рис. 2.1) диференціальним методом для найбільшого переміщення ведучої ланки $S_{\text{вхmax}} = 0.14 \text{ мм}$ при таких параметрах: $a = 5.4 \text{ мм}$, точність по IT7; $T_g = 12 \text{ мкм}$; $R = 90 \text{ мм}$, точність по IT7, $TR = 35 \text{ мкм}$; $r = 2 \text{ мм}$, точність по IT7, $T_r = 10 \text{ мкм}$; $L = 90 \text{ мм}$, точність по IT12, $TD = 300 \text{ мкм}$.

Прийmemo, що похибка переміщення ведучої ланки $\Delta S_{\text{вх}} = 0$ (фактично похибка встановлення приладу на нуль).

Для визначення похибки положення використаємо залежність (2.11)

$$\Delta S_{\text{вх}} = \frac{90}{5.4} \frac{60}{2} \left[- \frac{0.14}{5.4 \sqrt{1 - \left(\frac{0.14}{5.4} \right)^2}} 0.012 + \arcsin \left(\frac{0.14}{5.4} \right) \frac{5.4}{90} 0.035 - \right. \\ \left. - \arcsin \left(\frac{0.14}{5.4} \right) \frac{5.4}{2} 0.010 + \arcsin \left(\frac{0.14}{5.4} \right) \frac{5.4}{60} 0.3 \right] = -0.128 \text{ мм}$$

Знак "-" означає, що внаслідок кінематичних похибок стрілка механізму буде "відставати" від номінального положення.

Для наближеної залежності (2.18)

$$\Delta S_{\text{ск}} = 500 \left[- \left(\frac{0.14^3}{2 \cdot 5.4^3} + \frac{0.14}{5.4} \right) 0.012 + \left(\frac{0.14^3}{6 \cdot 5.4^3} + \frac{0.14}{5.4} \right) \frac{5.4}{90} 0.035 - \right. \\ \left. - \left(\frac{0.14^3}{6 \cdot 5.4^3} + \frac{0.14}{5.4} \right) \frac{5.4}{2} 0.01 + \left(\frac{0.14^3}{6 \cdot 5.4^3} + \frac{0.14}{5.4} \right) \frac{5.4}{60} 0.3 \right] = -0.127 \text{ мм}$$

Порівняння результатів розрахунків за точною (2.11) і наближеною (2.17) формулами показує, що вони практично ідентичні.

Це дає можливість використовувати наближені формули замість точних, якщо це необхідно, в точних розрахунках механізмів.

Слід також значити, що для зручності розрахунку $\Delta S_{\text{вх}}$ всюди приймалися додатні значення відхилень параметрів, хоча в конструкторській практиці всі охоплювальні розміри мають допуск „в матеріал” деталі, тобто від’ємні відхилення. Підстановка у вирази (2.12) і (2.18) відхилень Δp_i з протилежним знаком призведе до зміни знака результату. В даному прикладі це не має суттєвого значення, а в реальних механізмах слід враховувати дійсні відхилення параметрів.

2.2 Відносний метод визначення похибок

Відносний метод є похідним від диференціального. В деяких випадках функція перетворення пристроїв приладів є постійною величиною і зв'язок між рухом веденої ланки $S_{вих}$ і ведучої ланки $S_{вх}$ замість виразу (2.18):

$$S_{вих} = f(S_{вх}, p_1, p_2, \dots, p_m), \quad (2.18)$$

де $p_1, p_2, \dots, p_m$ – значення параметрів, що впливають на вихідний сигнал; може бути представлена такому вигляді:

$$S_{вих} = U_A S_{вх}, \quad (2.19)$$

де U_A – постійне лінійне передаточне відношення, яке визначається добутком кількох множників.

До даних механізмів відносять: фрикційні передачі й важильні механізми. Свою назву метод отримав завдяки використанню в ньому відносних похибок лінійних розмірів елементів – довжин важелів, радіусів фрикційних роликів і т. ін. Якщо розмір l має відхилення Δl , то відносна похибка розміру l

$$\delta_l = \frac{\Delta l}{l}. \quad (2.20)$$

Враховуючи вираз лінійного передаточного відношення,

$$U_A = \frac{\omega_{вих} \cdot T_{вих}}{\omega_{вх} \cdot T_{вх}} = U \frac{T_{вих}}{T_{вх}}, \quad (2.21)$$

де $T_{вих}, T_{вх}$ – радіуси контактуючих точок вихідної і вхідної ланок;

$\omega_{вих}, \omega_{вх}$ – миттєві швидкості точок вихідної і вхідної ланок.

На основі залежності (2.19) знайдемо функцію перетворення механізму (рис. 2.2)

$$S_{вих} = S_{вх} \frac{l_2 \cdot l_4 \cdot l_6}{l_1 \cdot l_3 \cdot l_5} \quad (2.22)$$

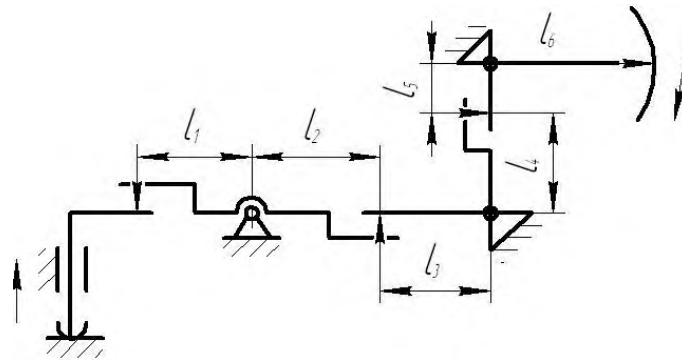


Рисунок 2.2 - Схема важільного механізму

За формулою (2.3) похибка положення механізму (при умові $\Delta S_{вих} = 0$)

$$\Delta S_{вих} = \Delta l_2 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_2} + \Delta l_4 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_4} + \Delta l_6 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_6} + \Delta l_2 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_2} + \Delta l_1 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_1} + \Delta l_3 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_3} + \Delta l_5 \frac{\partial S_{вих}}{\partial l_5}. \quad (2.23)$$

Очевидно, що ведені ланки в рівнянні відносних похибок мають додатний знак, а ведучі – від’ємний. Тоді можемо записати загальну формулу з використанням методу відносних похибок

$$\frac{\Delta S_{вих}}{S_{вих}} = \sum_i \frac{\Delta l_{iвих}}{l_{iвих}} - \sum_j \frac{\Delta l_{jвх}}{l_{jвх}}. \quad (2.24)$$

З неї випливає, що відносна похибка положення механізму дорівнює різниці сум відносних похибок ведучих і ведених ланок.

Приклад розв'язку

Задачі 2.2

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №2

Визначити відносним методом похибку положення механізму (рис. 2.2), при таких значеннях параметрів: $l_1 = 2\text{мм}$, $l_2 = 100\text{мм}$, $l_3 = 10\text{мм}$, $l_4 = 20\text{мм}$, $l_5 = 4\text{мм}$, $l_6 = 40\text{мм}$, $S_{\text{вх}} = 0.1\text{мм}$.

Приймаємо точність виготовлення ланок l_1, l_2, l_3, l_4 по 7 квалітету ІТ7 (ГОСТ 25346 – 82), l_5, l_6 – по 12 квалітету ІТ 12 (ГОСТ 25346 – 82):

$l_1 = 2\text{мм}$, точність по ІТ 7, допуск $T_{l_1} = 10\text{мкм}$;

$l_2 = 100\text{мм}$, точність по ІТ 7, допуск $T_{l_2} = 35\text{мкм}$;

$l_3 = 10\text{мм}$, точність по ІТ 7, допуск $T_{l_3} = 15\text{мкм}$;

$l_4 = 20\text{мм}$, точність по ІТ 7, допуск $T_{l_4} = 21\text{мкм}$;

$l_5 = 4\text{мм}$, точність по ІТ 12, допуск $T_{l_5} = 120\text{мкм}$;

$l_6 = 40\text{мм}$, точність по ІТ 12, допуск $T_{l_6} = 250\text{мкм}$.

Тоді за формулою (2.24)

$$\begin{aligned}\frac{\Delta S_{\text{вих}}}{S_{\text{вих}}} &= \left(\frac{\Delta l_2}{l_2} + \frac{\Delta l_4}{l_4} + \frac{\Delta l_6}{l_6} \right) - \left(\frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_3}{l_3} + \frac{\Delta l_5}{l_5} \right) = \\ &= \left(\frac{0.035}{100} + \frac{0.21}{20} + \frac{0.25}{40} \right) - \left(\frac{0.01}{2} + \frac{0.015}{10} + \frac{0.12}{4} \right) = -0.0285\text{мм}\end{aligned}$$

Незалежно від переміщення ведучої ланки механізм на виході має похибку менше 3 %. Для знаходження значення абсолютної похибки $S_{\text{вх}}$ враховуємо, що

$$\Delta S_{\text{вих}} = (-0.0285) = S_{\text{вих}} \cdot U_A \cdot (-0.0285) = 0.1 \frac{100 \cdot 20 \cdot 40}{2 \cdot 10 \cdot 4} \cdot (0.0285) = -2.85\text{мм}.$$

Від'ємний знак результату показує, що при таких похибках довжин важелів ведена ланка не дійде до свого ідеального положення з метою зменшення впливу:

- вводиться виробничий допуск (зміщення границь з урахуванням можливого впливу ЗВ);
- виробничий допуск по СТ С38 303-76.

Порядок виконання роботи

1. Згідно зі СТ СЕВ 145-88 залежно від номінального розміру і квалітету точності встановити величину допуску.
2. За СТ СЕВ 303-76 встановити допустиму похибку вимірювання лінійного розміру.
3. Згідно з таблицею 1.19 – 1.24 (2. с. 47 – 54) виписати закодовані позначення ВЗ.
4. Використовуючи табл.1.16 – 1.17, розкодувати ці позначення. Для отриманих ВЗ визначити граничну похибку й інші технічні характеристики (ціну поділки, діапазон вимірювання, температурний режим).
5. Проаналізувати весь перелік ВЗ і вибрати оптимальний варіант*.
6. Отримані результати записати в таблицю (*додаток 1 Таблиця 2.1 та Таблиця 2.2*).
7. За визначеним температурним режимом і короткочасними коливаннями температури оточуючого середовища, використовуючи графіки 1.11, 1.12, 1.13 (2. с. 30) встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури $20^{\circ}\text{C} - d_{\text{т}}$.
8. Визначити відносну похибку вимірювання.
9. За заданою відотною точністю виготовлення й відносній похибці вимірювання, використовуючи графіки 1.7, 1.8, 1.9 (2. с. 25 – 27) встановити основні параметри розбраковування ($m, n, c/IT$).
10. Результати роботи записати в таблицю 2.1.
11. Зробити висновки щодо шляхів, якими можна досягти зменшення параметрів m, n, c .

**Гранична похибка вимірювань не повинна перевищувати допустиму (за винятком окремих технічно обґрунтованих випадків рекомендується вибирати ЗВ, які забезпечують не більший, ніж двократний запас точності). Діапазон вимірювання повинен перевищувати допуск.*

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку

Параметри розбраковування	C/Г	17	
	п	16	
	Г	15	
Відносна похибка вимірювання А %		14	
Контрольно-вимірний прилад і його характеристика	Температурний режим Θ , °C	13	
	Короткочасні коливання температури в процесі вимірювання, °C	12	
	Допустимі температурні умови вимірювання, °C	11	
	Гранична похибка вимірального засобу σ , мкм	10	
	Ціна поділки, мм	9	
	Діапазон вимірювання, мм	8	
	Назва засобу вимірювання, тип	7	
Допустима похибка вимірювання $[\sigma]$, МКМ		6	
Допуск, мкм		5	
Матеріал деталі		4	
Відносна точність виготовлення		3	
Контрольований розмір		2	
№ з/п		1	

Таблиця 2.2 – Результати обчислення

Контрольований розмір	Контрольований прилад і його характеристика				Допустимі температурні умови вимірювань		Відносна похибка вимір., Амєт	Відносна точн. вигот., IT/ $\sigma_{\text{тех}}$	Параметри розбракувув.			
	Назва приладу	Діапазон вимірюв., мм	Ціна поділки, мм	Гранична похибка, мм	Допуст. похибка, мкм	Темпер. режим Θ , °C			M, %	N, %		C/IT
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Методичні рекомендації для виконання САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №3

Синусний механізм та тангенсний механізм

Мета роботи – ознайомлення студентів з синусним і тангенсним механізмом

Теоретичні відомості

3 Синусний механізм

Використовується для перетворення поступального руху в обертовий і навпаки (рис. 3)

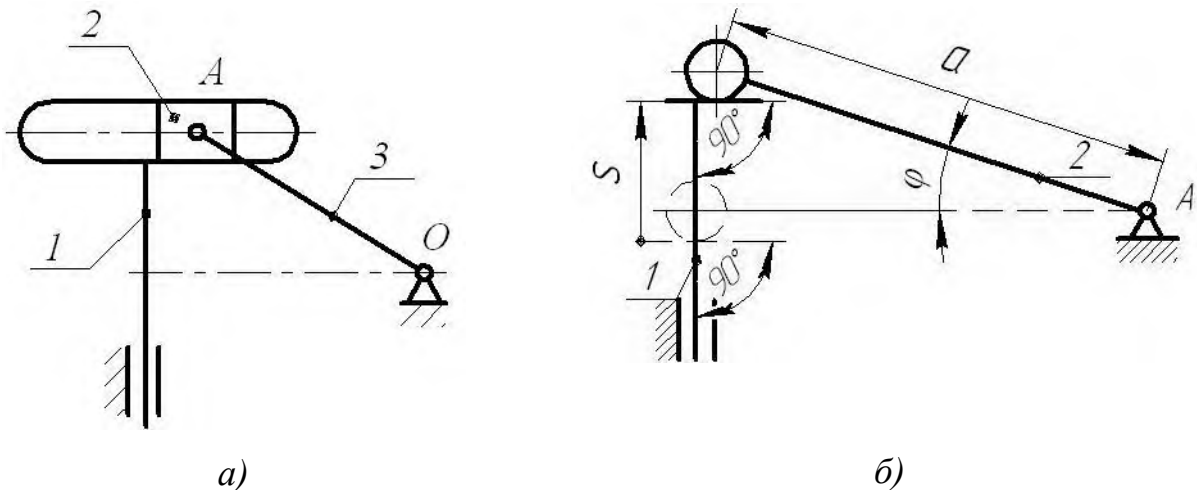


Рисунок 3.1- Схема синусного механізму

Конструктивне виконання синусного механізму можливе у двох варіантах: у першому варіанті (рис. 3.1а) механізм має ковзаючий повзун, що вмонтований у щілину штовхача; у другому випадку (рис. 3.1б) повзун замінюється як вища кінематична пара спряження сфери з площиною (точковий контакт). Ведучою ланкою може бути як важіль, так і штовхач.

Кут повороту важеля 2 як функція від переміщення S штовхача 1

$$\varphi = \arcsin \frac{S}{a}. \quad (3.1)$$

Передаточне відношення (функція)

$$U_{21} = \frac{d\varphi}{dS} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}}. \quad (3.2)$$

Для малих переміщень $S \ll a$: $U_{21} \approx 1 = \text{const}$.

При відхиленні передаточного відношення від одиниці $\frac{S}{a} \leq 0,4$ перевищують 10 %. При розкладанні формули (3.1) у ряд зі збереженням перших двох членів

$$\varphi = \frac{S}{a} + \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{S}{a} \right)^2. \quad (3.3)$$

Для $\frac{S}{a} \leq 0,4$ похибка використання даного ряду замість точної формули не перевищує 0,5 %.

Функцію перетворення ідеального механізму приймемо лінійною, оскільки при цьому прилад буде мати рівномірну шкалу:

$$\varphi_i = k_s \cdot S, \quad (3.4)$$

де k_s – коефіцієнт пропорційності.

Похибка схеми синусного механізму

$$\Delta S = \varphi - \varphi_i = \arcsin \frac{S}{a} - k_s \cdot S, \quad (3.5)$$

або, використовуючи залежність (3.3),

$$\Delta S_{cx} = (1 - ak_s) \frac{S}{a} + \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{S}{a} \right)^3. \quad (3.6)$$

Приклад розв'язку

Задачі 3.1

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №3

Визначити похибку схеми синусного механізму (рис. 3б), якщо ведучою ланкою є штовхач 1, при таких даних:

граничні значення переміщень $S_m = \pm 1 \text{ мм}$;

найбільший кут повороту важеля $\varphi_i = \pm 10^\circ$.

Розрахунок можна виконати за формулами (3.5) і (3.6), для яких необхідно додатково визначити k_s і a . Скориставшись виразом (3.4), отримаємо

$$k_s = \frac{\phi_m}{S_m} = \frac{10 \cdot 3,14}{180 \cdot 1,0} = 0,17 \text{ мм}^{-1} \quad (3.7)$$

За рис. 3б можемо записати $S_m = a \cdot \sin \varphi_m$,

$$\text{звідки } a = \frac{S_m}{\sin \varphi_m} = \frac{1,0}{\sin 10^\circ} = 5,67 \text{ мм}.$$

Похибка схеми є функцією переміщення S . Знайдемо вираз її максимуму і значення S . Для цього знайдемо часткову похідну, використавши точну формулу (3.5)

$$\Delta S_{cx}' = \left(\arcsin \frac{S}{a} - K_s S \right)' = \frac{1}{a \sqrt{1 - \left(\frac{S}{a} \right)^2}} - k_s. \quad (3.8)$$

ΔS_{cx} по S

Розв'язуючи отримане рівняння відносно S при $\Delta S_{cx}' = 0$, отримаємо

$$S_0 = \pm a \sqrt{1 - \frac{1}{(k_s a)^2}} \quad (3.9)$$

У точці S_0 похибка схеми буде набувати найбільшого значення. Саме значення цієї похибки отримаємо, підставляючи вираз у формулу (3.5) замість S

$$\Delta S_{cx\max} = \arcsin \sqrt{1 - \frac{1}{(k_s a)^2}} - k_s \sqrt{1 - \frac{1}{(k_s a)^2}} \quad (3.10)$$

Підставляючи знайдені значення k_s і a в ці формули, отримаємо $\Delta S_{cx\max} = -3,4 \cdot 10^{-4}$ радіан при $S_0 = 0,57$ мм.

Графічно залежність похибки схеми від S представлена на рис. 3.2.

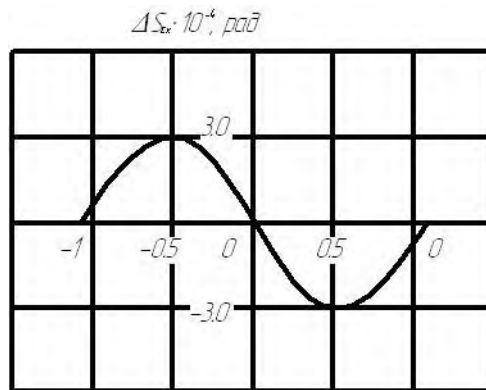


Рисунок 3.2 - Зміна похибки схеми синусного механізму залежно від переміщення штовхача

Видно, що для додатних значень S похибка схеми від'ємна, а при зміні знака переміщення змінює знак і похибка схеми. Величина $\Delta S_{cx} = 0$ при $S = 0$ при $S = \pm S_m = \pm 1,0$ мм.

Максимальне значення похибки схеми, таким чином, симетричне, тобто $|\Delta S_{cx\max}| = 3,4 \cdot 10^{-4}$ радіан при $S_0 = \pm 0,57$ мм, або в градусній мірі радіан $\approx 1,2'$.

Таким чином, для даного механізму похибка схеми складає малу долю близько 4 % граничного значення кута повороту важеля.

3.2 Тангенсний механізм

Так само як і синусний служить для перетворення поступального руху в обертовий і навпаки (рис. 3.3).

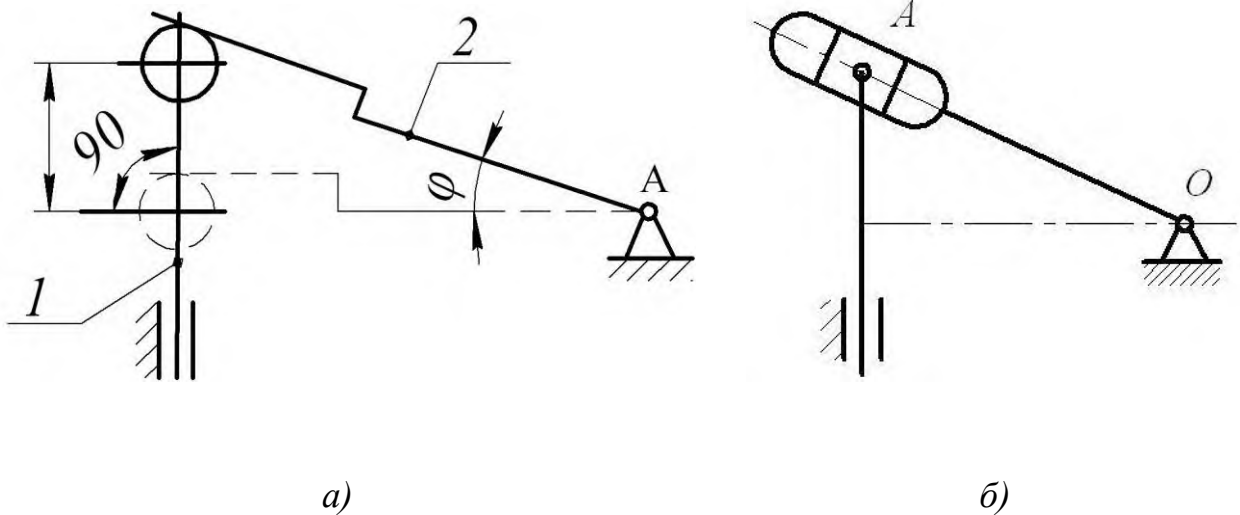


Рисунок 3.3 - Схема тангенсного механізму

Конструктивне виконання цього механізму також може бути з ковзаючим повзуном (рис. 3.3а) і з вищою кінематичною парою сфера – площина (рис. 3.3б).

Рухом „входу” є переміщення штовхача 1 S , а „виходу” – поворот важеля 2 на кут φ . Функція зв’язку кута φ з переміщенням S буде мати вигляд

$$\varphi = \arctg \frac{S}{a}. \quad (3.11)$$

Передаточне відношення

$$U_{21} = \frac{d\varphi}{dS} = \frac{1}{1 + \left(\frac{S}{a}\right)^2} \quad (3.12)$$

є функцією переміщення штовхача S . Тільки при малих значеннях $S \ll a$ $U_{21} \approx 1 = \text{const.}$

Для забезпечення 10 %-ної похибки лінеаризації функції (7) (відхилення

U_{21} від одиниці) необхідно, щоб $\frac{S}{a} \leq 0,3$. Таким чином, у порівнянні з синусним механізмом подібного типу, тангенсний механізм чутливіший до переміщень S .

При розкладанні функції $\arctg$ у ряд замість формули (3.7) отримаємо

$$\varphi = \frac{S}{a} - \frac{1}{3} \left(\frac{S}{a} \right)^3. \quad (3.13)$$

Для $\frac{S}{a} \leq 0,4$ похибка використання даного виразу замість (3.11) не перевищує 0,5 %.

Ідеальну функцію перетворення також приймемо лінійною

$$\varphi_i = k_s \cdot S. \quad (3.14)$$

Похибка схеми

$$\Delta S_{cx} = \phi - \phi_i = \arctg \left(\frac{S}{a} \right) - k_s \cdot S, \quad (3.15)$$

а на основі формули (3.13)

$$\Delta S_{cx} = (1 - ak_s) \frac{S}{a} + \frac{1}{3} \left(\frac{S}{a} \right)^3. \quad (3.16)$$

Приклад розв'язку

Задачі 3.2

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №3

Визначити похибку схеми тангенсного механізму (рис. 3.3б), якщо ведучою ланкою є штовхач 1 при таких даних :

- граничні значення переміщень $S_m = \pm 1 \text{ мм}$;
- найбільший кут повороту важеля $\phi_i = \pm 10^\circ$.

Для розрахунку похибки схеми використовують формулу (3.15), в якій відповідно до прикладу задачі 1 із синусним механізмом $k_s = 0.17 \text{ мм}^{-1}$, S змінюється від 0 до $\pm 1 \text{ мм}$.

Відповідно до рисунка 3 $S = a \cdot \text{tg} \phi$, звідки знаходимо

$$a = \frac{S_m}{\text{tg} \phi_m} = \frac{1,0}{\text{tg} 10^\circ} = 5,67 \text{ мм} . \quad (3.17)$$

Часткова похідна похибки схеми на основі формули (3.15)

$$\Delta S_{cx}' = \left(\text{arctg} \frac{S}{a} - k_s S \right)' = \frac{1}{a \sqrt{1 + \left(\frac{S}{a} \right)^2}} - k_s, \quad (3.18)$$

звідки при умові $\Delta S_{cx}' = 0$ випливає, що

$$S_0 = \pm a \sqrt{\left(\frac{1}{k_s a} \right)^2 - 1}. \quad (3.19)$$

Підставляючи цей вираз у формулу (3.15), отримаємо максимальне значення похибки схеми

$$\Delta S_{cx \max} = \text{arctg} \sqrt{\left(\frac{1}{k_s a} \right)^2 - 1} - k_s a \sqrt{\left(\frac{1}{k_s a} \right)^2 - 1} \quad (3.20)$$

Для відомих значень k_s і a знайдемо, що $S_0 = 0.58 \text{ мм}$ і $\Delta S_{cx \max} = 7.0 \cdot 10^{-4} \text{ радian}$. Графічно зміну похибки схеми залежно від S зображено на рис. 3.4.

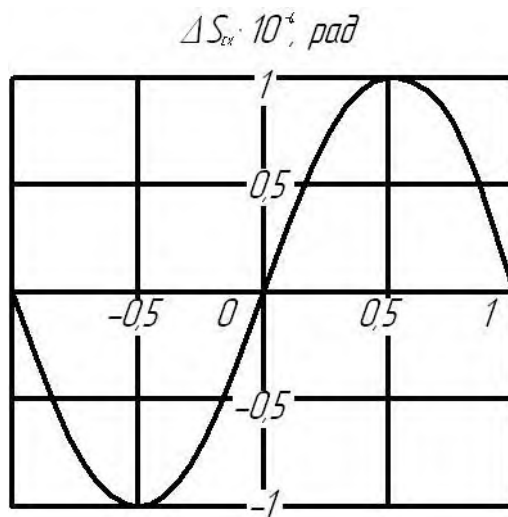


Рисунок 3.4 - Зміна похибки схеми тангенсного механізму залежно від переміщення штовхача

Бачимо, що при від'ємних значеннях переміщень похибка схеми даного механізму також змінює знак. Таким чином, механізм має найбільшу похибку схеми $|\Delta S_{сх\max}| = 7,0 \cdot 10^{-4}$ радіан при значеннях $S_0 = \pm 0,58$ мм.

Порівнюючи результати розрахунків прикладів для синусного і тангенсного механізмів, можемо зробити висновок, що при однакових вихідних вимогах до механізмів тангенсний механізм має більшу похибку схеми в порівнянні з синусним.

Методичні рекомендації для виконання

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №4

Кінематичні похибки пристроїв приладів

Мета роботи ознайомлення студентів з кінематичними похибками пристроїв приладів

Хід роботи

Кінематичні похибки пристроїв приладів

Реальні елементи механізмів приладів завжди мають відхилення від номінальних значень їх параметрів, так як їх виготовлення завжди пов'язане з появою похибок різного виду. Серед усієї сукупності похибок, що мають місце в реальних механізмах, є такі, які безпосередньо входять у кінематичну ланку пристрою приладу, або впливають на характеристики цієї ланки. Ці похибки називають кінематичними.

Кінематичні похибки є складовими функції перетворення дійсного механізму пристрою приладу, що аналітичне пов'язує рух (переміщення або поворот) веденої ланки з рухом ведучої ланки $S_{\text{вих}}$ механізму керування (рис. 4.1).

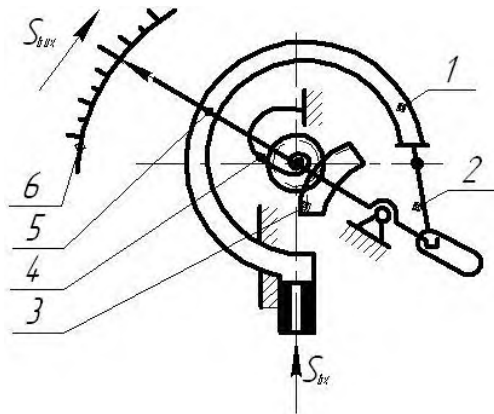


Рисунок 4.1 - Кінематична схема пружинного манометра

З фізики утворення кінематичні похибки можуть бути *первинні й діючі*.

Первинними похибками механізму називають відхилення розташування в ланці елементів кінематичних пар від ідеальних положень і відхилення існуючих поверхонь елементів від заданих геометричних форм. Іншими словами, первинні похибки – це відхилення розмірів і відхилення розміщень поверхонь елементів механізмів приладів.

Діючими похибками кінематичної пари називають похибку робочої поверхні елемента пари, що безпосередньо проявляється в роботі.

В первинні похибки не входить відхилення форми поверхонь деталей, хвилястість і шорсткість поверхні. Діючі похибки разом з похибками розмірів і відхилення розміщень поверхонь включають в себе також відхилення форми і шорсткість поверхонь.

Таким чином, поняття діючої похибки дещо ширше в порівнянні з поняттям первинних похибок. Діючі похибки включають в себе також первинні.

Приклади визначення діючих похибок наведено на рис. 4.2

На рис. 4.2а зображено кулачок, що має відхилення форми профілю. Внаслідок цього відхилення штовхач отримує додаткове переміщення ΔF – похибку, яка і є діючою.

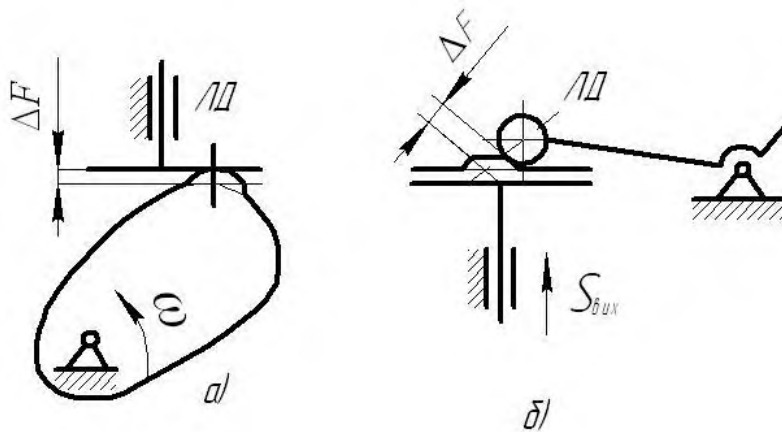


Рисунок 4.2 - Приклади визначення діючих похибок

Для знаходження числового значення і напрямку дії діючої похибки слід враховувати, що вона направлена по так званій лінії дії.

Лінія дії(ЛД) – уявна лінія, що проходить через точку взаємодії елементів кінематичної пари по напрямку робочого зусилля. Для випадку, зображеного на рис. 4.2а, напрямок ЛД співпадає з напрямком переміщення штовхача. По ній направлена і похибка ΔF . Але це не завжди так буває.

На рис. 4.2б зображено синусний механізм, штовхач якого має відхилення форми робочої поверхні. Оскільки внаслідок відхилень форми ЛД займе положення, що не співпадає з напрямком руху штовхача, діючою похибкою слід вважати величину ΔF , направлену по ЛД. У цьому випадку ЛД не співпадає з напрямком переміщення.

Розглянемо методику визначення кінематичних похибок на прикладі синусного механізму (рис. 4.3а).

Функція перетворення синусного механізму

$$\varphi = \arcsin \frac{S}{a}, \quad (4.1)$$

Похибка схеми

$$\Delta S_{cx} = \varphi - \varphi_i = \arcsin \frac{S}{a} - k_s S, \quad (4.2)$$

На роботу синусного механізму впливають також: похибка довжини важеля Δa , похибка початкового положення важеля α , перекося площадка штовхача β , відхилення форми поверхні штовхача $\Delta \varphi$. Перші три похибки відносяться до первинних, а відхилення форми – до діючих.

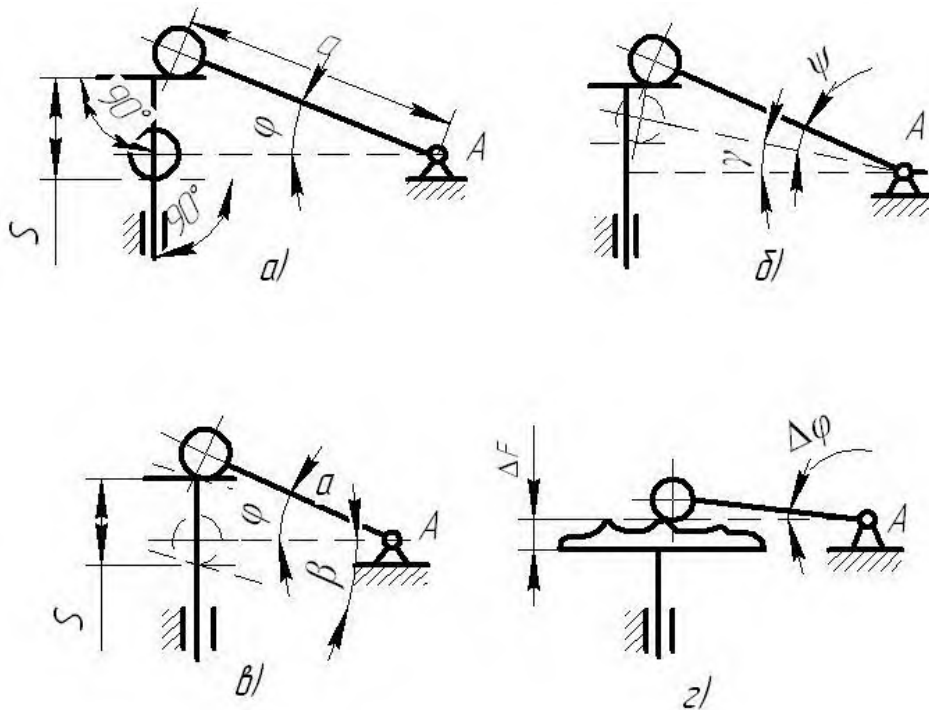


Рисунок 4.3 - Розрахункова схема синусного механізму:

а) без похибок; б) з похибкою початкового положення важеля;
в) з похибкою переносу площадки; г) з похибкою форми поверхні штовхача

Розглянемо вплив цих похибок:

1. Похибка довжини важеля Δa . Коефіцієнт впливу цієї похибки знайдемо диференціальним методом як часткову похідну функції перетворення по параметру a

$$\xi_a = \frac{\partial \varphi}{\partial a} = - \frac{S}{a^2 \sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}}, \quad (4.3)$$

2. Похибка початкового положення важеля α . Вплив цієї похибки показано на рис. 4.3б.

$$\Delta S = a \sin \alpha, \quad (4.4)$$

$$S + \Delta S = a \sin(\varphi + \alpha), \quad (4.5)$$

Тоді

$$S + \Delta S = S + a \sin \alpha = a \sin(\varphi + \alpha), \quad (4.6)$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{S}{a} + \sin \alpha\right) - \alpha. \quad (4.7)$$

Вираз (4.7) є новою функцією перетворення механізму, що враховує величину α .

Коефіцієнт впливу цієї похибки

$$\xi_a = \frac{\partial_\varphi}{\partial_a} = \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a} + \sin \alpha\right)^2}} - 1, \quad (4.8)$$

При малих кутах $\alpha \rightarrow 0$

$$\xi_{a \rightarrow 0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} - 1, \quad (4.9)$$

3. Перенос площадки штовхача (кут β). Вплив перекосу площадки показано на рис. 4.3в.

$$\Delta = a - a \cos \varphi = a(1 - \cos \varphi), \quad (4.10)$$

$$\Delta S = a(1 - \cos \varphi) - tg \beta, \quad (4.11)$$

$$S = a \sin \varphi + a(1 - \cos \varphi)tg \beta, \quad (4.12)$$

$$\frac{S \cos \beta}{\alpha} = (\sin \varphi \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta) + \sin \beta, \quad (4.13)$$

$$\frac{S \cos \beta}{\alpha} - \sin \beta = \sin(\varphi - \beta), \quad (4.14)$$

$$\varphi - \beta = \arcsin\left(\frac{S \cos \beta}{\alpha} - \sin \beta\right), \quad (4.15)$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{S \cos \beta}{\alpha} - \sin \beta\right) + \beta. \quad (4.16)$$

Коефіцієнт впливу

$$\xi_{\beta} = 1 - \frac{\frac{S \sin \beta}{a} + \cos \beta}{\sqrt{1 - \left(\frac{S \cos \beta}{a} - \sin \beta \right)^2}}, \quad (4.17)$$

При малих кутах повороту $\beta \rightarrow 0$

$$\xi_{\beta} = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a} \right)^2}}. \quad (4.18)$$

4. Відхилення форми поверхні штовхача Δ_{φ} (рис. 4.3г) впливають на поворот важеля аналогічно впливу похибки переміщення штовхача на величину Δ_{φ} . Тоді коефіцієнт впливу цієї похибки можемо знайти як часткову похідну вихідного рівняння по S

$$\xi_{\varphi} = \frac{\partial \varphi}{\partial S} = \frac{1}{a \sqrt{1 - \left(\frac{S}{a} \right)^2}}. \quad (4.19)$$

При цьому, природно, приймається, що похибка Δ_{φ} не залежить від кута повороту φ . Як правило, $S \ll a$, тому, враховуючи наближений характер ξ_{φ} , у практичних розрахунках можна прийняти, що

$$\xi_{\varphi} = \frac{1}{a}. \quad (4.20)$$

Розраховані коефіцієнти впливу похибок синусного механізму дозволяють визначити загальну похибку положення (або переміщення) веденої ланки – важеля механізму. Використовуючи формулу визначення похибки положення,

$$\Delta S_{\hat{a}\hat{o}\hat{o}} = S_{\hat{a}\hat{o}} \xi_{\hat{a}\hat{o}} + \Delta P_1 \xi_1 + \Delta P_2 \xi_2 + \dots + \Delta P_m \xi_m = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_i \xi_i, \quad (4.21)$$

де n – загальна кількість похибок;

ξ_i – коефіцієнт впливу цієї i -ї похибки;

ΔP_i – відхилення i -го параметра від номінального значення.

Можемо записати вираз знаходження похибки кута повороту φ (в радіанах)

$$\begin{aligned}
\Delta_\varphi = & -\Delta a \frac{S}{a^2 \sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} + \alpha \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} - 1 \right) - \beta \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} - 1 \right) + \\
& + \Delta_\varphi \frac{1}{\alpha} - \beta \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^a}} - 1 \right) + \Delta_\varphi \frac{1}{a}.
\end{aligned} \tag{4.22}$$

Приклад розв'язку

Задачі 4.1

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №4

Визначити похибку повороту синусного механізму в діапазоні роботи штовхача $0 \dots 0.14 \text{ мм}$, якщо $a = 5.8 \text{ мм}$, $\alpha = 30'$, $\beta = 1^\circ$. Відхилення профілю робочої поверхні штовхача визначити по шорсткості ($Ra \leq 0.8 \text{ мкм}$).

$$\alpha = \frac{30}{60} \cdot \frac{3,14}{180} = 0,008727 \text{ радіан};$$

$$\beta = 1 \cdot \frac{3,14}{180} = 0,017453 \text{ радіан}.$$

Синусний важіль із близькими конструктивними характеристиками використовується у важільному мікрометрі (рис. 4.4).

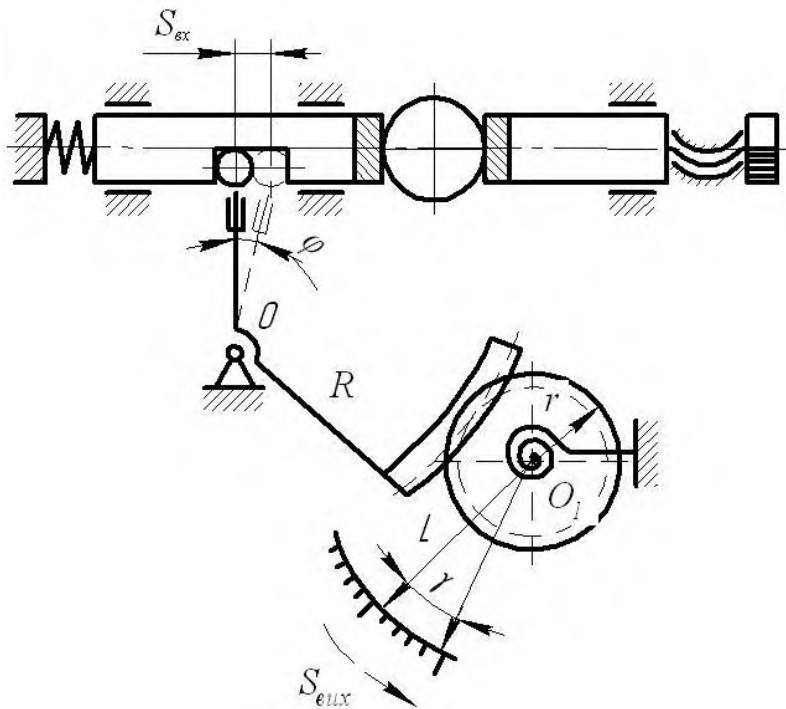


Рисунок 4.4 - Схема механізму важільного мікрометра

Прийmemo точність виготовлення довжини важеля α по 7 квалітету IT7 (ГОСТ 25346-82). Допуск $Ta = 0.012 \text{ мм}$.

Відхилення форми не обумовлені, але відхилення кульки можна оцінити по шорсткості поверхні. Внаслідок шорсткості кулька отримує додаткові вертикальні переміщення при огинанні вершин високих нерівностей, як це показано на рис. 4.5.

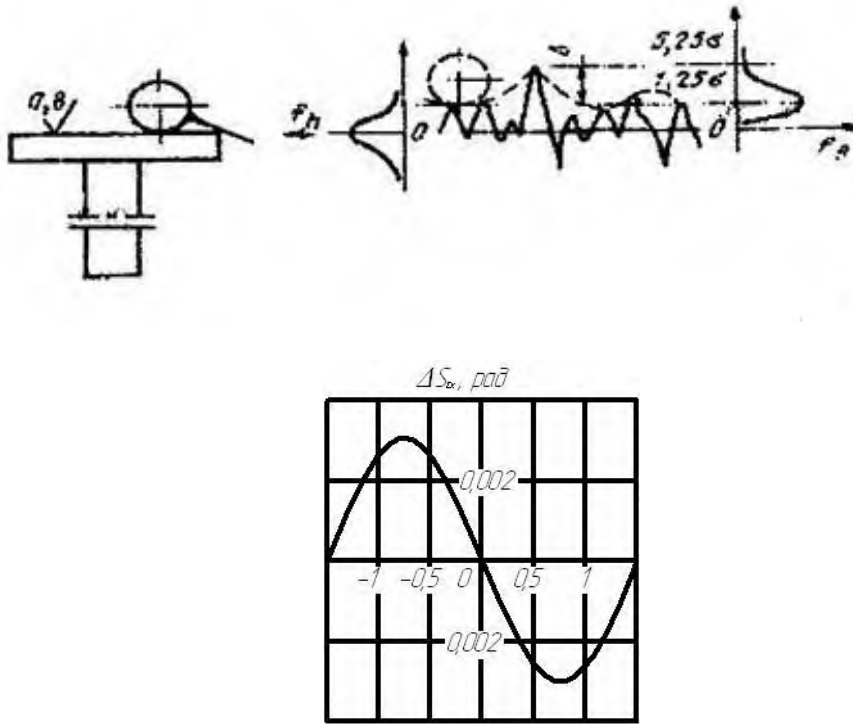


Рисунок 4.5 - Вплив шорсткості поверхні на положення кульки в синусному важелі

При нормальному розподілі шорсткості (густина $\hat{r}_k$) висоти нерівностей підпорядковується розподілу Релея (густина $\hat{r}_p$), середнє значення якої дорівнює $1,25\delta$, а розмах $5,25\delta$, де δ – СКВ шорсткості.

Якщо кулька переміщується шляхом нерівностей від найвищих нерівностей до середніх, то відхилення профілю, що впливає на положення важеля,

$$\Delta \approx (5,25 - 1,25)\delta = 4\alpha. \quad (4.23)$$

Враховуючи, що $\delta = 1,25Ra$, отримаємо

$$\Delta \approx 4 \cdot 1,25Ra = 5Ra.$$

У нашому прикладі $Ra \leq 0,8 \text{ мкм}_s$, тоді

$$\Delta\varphi \leq 4,0 \text{ мкм}.$$

Визначимо похибку переміщення механізму. Ведуча ланка – штовхач, тому розрахунок проводимо за формулою (4.22) для двох крайніх значень положення штовхача: $S_1 = 0$; $S_2 = 0,14 \text{ мм}$.

Різниця похибок двох положень у відповідності з формулою

$$\Delta S_{\text{пер}} = (fg_2 - fg_1) - (f\dot{i}_2 \cdot f\dot{i}_1), \quad (4.24)$$

де fg_1 – дійсне положення веденої ланки;

fg_2 – дійсне положення ведучої ланки;

fi_1 – ідеальне положення веденої ланки;

fi_2 – ідеальне положення ведучої ланки

і дає шукану похибку

$$S_i = 0 : \Delta\phi_1 = \Delta\phi \cdot \frac{1}{a} = 0,004 \cdot \frac{1}{5,6} = 7,142 \cdot 10^{-4} \text{ радіан},$$

$$S_2 = 0,14 \text{ мм}:$$

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_2 &= -\Delta a \frac{S}{a^2 \sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} + \alpha \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} - 1 \right) - \beta \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{a}\right)^2}} - 1 \right) + \frac{\Delta\varphi}{\alpha} = \\ &= -0,012 \frac{0,14}{5,6^2 \sqrt{1 - \left(\frac{0,14}{5,6}\right)^2}} + 87,26 \cdot 10^{-4} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,14}{5,6}\right)^2}} - 1 \right) - 174,53 \cdot 10^{-4} \cdot \\ &\cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,14}{5,6}\right)^2}} - 1 \right) + 7,142 \cdot 10^{-4} = 6,578 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Похибка переміщення (кутового)

$$\Delta\phi = \Delta\phi_2 - \Delta\phi_1 = (6,578 - 7,142) \cdot 10^{-4} = -0,564 \cdot 10^{-4} \text{ радіан} \approx -12''.$$

Бачимо, що похибка роботи синусного важеля мала. Найбільший вплив має похибка форми (профілю) площадки штовхача і довжини важеля.

Методичні рекомендації для виконання

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №5

Кривошипно-шатунний механізм та кулісний механізм

Мета роботи ознайомлення студентів з кривошипно-шатунним та кулісний механізм

Хід роботи

5.1 Кривошипно-шатунний механізм

Використовується для перетворення прямолінійного руху в обертовий і навпаки (рис. 5.1).

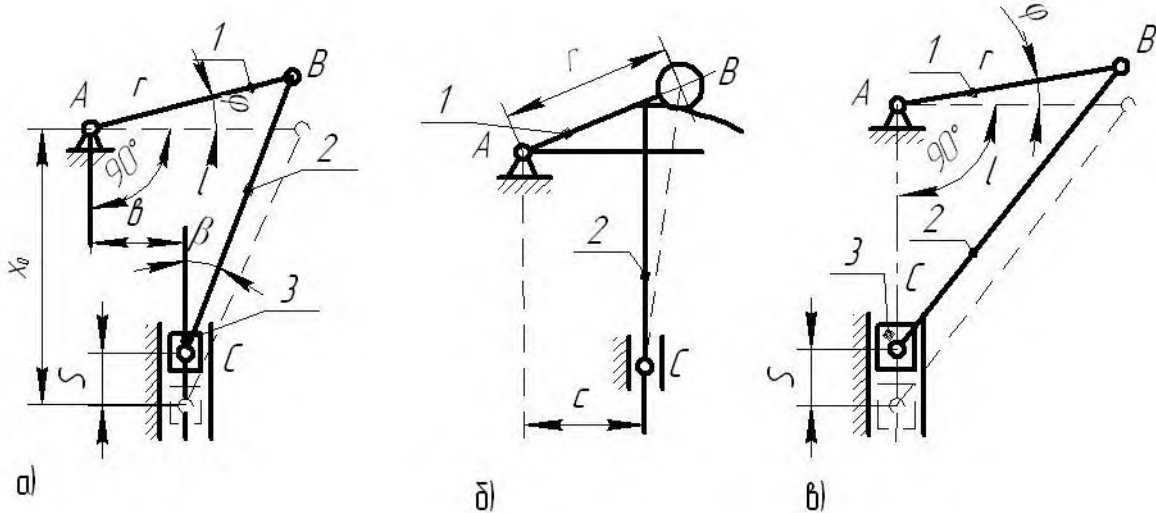


Рисунок 5.1 - Схема кривошипно-шатунного механізму: а) зміщеного; б) з вищою кінематичною парою; в) співвісного

Механізм складається з кривошипа 1 довжиною r , шатуна 2 довжиною l і повзуна 3. В механізмах з вищими кінематичними парами (рис. 5.1б) шатун суміщений з повзуном.

У багатьох приладах роль повзуна 3 виконує первинний перетворювач (мембранна коробка, біметалічна пластина й ін.).

Механізм може мати відхилення від співвісності (рис. 5.1а, б) або бути співвісним (рис. 5.1в).

Визначимо функцію перетворення механізму для випадку, коли ведучим є повзун 3 (рис. 5.1а). В цьому випадку необхідно знати залежність кута повороту кривошипа φ , як веденої ланки, від переміщення повзуна S . Ця залежність має вигляд

$$\varphi = \pm \arctg \frac{e}{x_0 - S} \cdot \arcsin \frac{r^2 + e^2 + (x_0 - S)^2 - l^2}{2r\sqrt{(x_0 - S)^2 + e^2}}, \quad (5.1)$$

де x_0 – початкова координата положення повзуна 3.

$$x_0 = \sqrt{l^2 - (r \mp e)^2}. \quad (5.2)$$

Другий (нижній) знак у формулах відноситься до схем механізмів, у яких вісь напрямку руху повзуна розміщена лівіше точки А.

На практиці часто має місце випадок, коли відхилення від співвісності дорівнює довжині кривошипа r , тобто $e=r$, так як при цьому функція перетворення близька до лінійної. Тоді формула (5.1) спрощується. Наприклад, для схеми, зображеної на рис. 5.1а,

$$\varphi = \arctg \frac{r}{l-s} \bullet \arcsin \frac{2r^2 - s(2l-s)}{2r\sqrt{(l-s)^2 + r^2}}. \quad (5.3)$$

Якщо механізм співвісний, $e=0$, тоді з виразу (5.1) випливає

$$\varphi = \arcsin \frac{s(2\sqrt{l^2 + r^2} - s)}{2r(\sqrt{l^2 - r^2} - s)}. \quad (5.4)$$

Передаточне відношення для співвісного механізму

$$U_{21} = \frac{2(l^2 - r^2) - 2S\sqrt{l^2 - r^2} + S^2}{\sqrt{2r[\sqrt{l^2 - r^2} - S]^2 - S^2(2\sqrt{l^2 - r^2} - S)^2}}. \quad (5.5)$$

звідки випливає, що навіть для співвісного кривошипно-шатунного механізму передаточне відношення залежить як від переміщення S , так і від конструктивних параметрів r , l .

У випадку, коли $S \ll r$,

$$u_{13} \sqrt{\left(\frac{l}{r}\right)^2} l = \text{const}, \quad (5.6)$$

$$\frac{s}{r} \leq 0.5$$

Функції перетворення для даного механізму можуть бути спрощені.

Наприклад, для невеликих переміщень замість

$\frac{r}{l} \leq 0.25$ формулу (5.3) можна записати

$$\varphi \approx \arcsin \left[\frac{S}{r} \left(l - \frac{S}{8r^2l} \right) \right]. \quad (5.7)$$

з похибкою, що не перевищує 1 %.

Для співвісного механізму подібні умови призводять до заміни виразу (5.5) простішою формулою вигляду

$$\varphi \approx \arcsin \frac{S(2l-S)}{2r(l-S)}.$$

Якщо необхідно представити функцію перетворення механізму у вигляді відрізка степеневого ряду, то при вказаних вище обмеженнях замість формули (5.3) може бути використаний вираз

$$\varphi \approx \frac{S}{r} + \frac{l}{6} \left(\frac{S}{r} \right)^3 - \frac{S^4}{8r^2l};$$

замість формули (5.4)

$$\varphi \approx \frac{S}{r} + \frac{S^2}{2rl} + \frac{S^3}{6r^3}.$$

Функцію перетворення ідеального механізму приймемо лінійною:

$$\varphi_i = k_s S. \quad (5.10)$$

Похибка схеми

$$\Delta S_{\alpha} = \varphi - \varphi_i = \arcsin \frac{S(2\sqrt{l^2 - r^2} - S)}{2r(\sqrt{l^2 - r^2} - S)} - k_s S \quad (5.11)$$

або для малих переміщень

$$\Delta S_{\alpha} \approx \arcsin \frac{S(2l - S)}{2r(l - S)} - k_s S. \quad (5.12)$$

При використанні степеневого ряду

$$\Delta S_{\alpha} = \left(\frac{l}{r} - k_s \right) S + \frac{S^2}{2rl} + \frac{S^3}{6r^3}. \quad (5.13)$$

При розрахунку похибки схеми необхідно врахувати, що радіус кривошипа r пов'язаний з граничними значеннями кута повороту φ_m і переміщенням S_m :

$$r = \frac{S_m}{\sin \varphi_m}. \quad (5.14)$$

Граничні значення кута, як правило, не перевищують 20° , так як вище цього значення механізм має суттєву нелінійність і стає непридатним для використання в приладах. У свою чергу, нормальна робота механізму

$$\lambda = \frac{r}{l} \leq 0.25$$

забезпечується, щоб запобігти великих кутів тиску.

Приклад розв'язку

Задачі 5.1

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №5

Визначити похибку схеми співвісного кривошипно-повзункового механізму при ведучому повзуні 3 (рис. 5.1б), якщо задано:

- максимальне переміщення повзуна від середнього положення $S_{cx} = \pm 1.5 \text{ мм}$;
- найбільший кут повороту кривошипа $\phi_m = \pm 20^\circ$.

Розрахунок похибок схеми виконаємо за формулами (5.11) і (5.12). З виразу (5.10):

$$k_s = \frac{\phi_m}{S_m} - \frac{20 \cdot 3.14}{180 \cdot 15} = 0.2327 \text{ мм}^{-1}.$$

За формулою (5.14)

$$\kappa = \frac{S_m}{\sin \phi_m} = \frac{15}{\sin 20^\circ} = 4.38 \text{ мм}.$$

Вибираємо довжину шатуна так, щоб

$$l \geq 4r = 4 \cdot 4.38 = 17.52 \text{ мм}.$$

Приймаємо 1 – 20 мм.

Похибка схеми згідно з формулами (5.12), (5.13) є функцією переміщення S . При $S = 0$ і $S = \pm S_m$ похибка схеми $\Delta S_{cx} = 0$, а при інших значеннях відхиляється від нуля.

Необхідно знайти максимальне значення цього відхилення і місце цього максимуму. Для цього використаємо графічний метод: побудуємо графік залежності функції похибки схеми від переміщення S і знайдемо за ним S_0

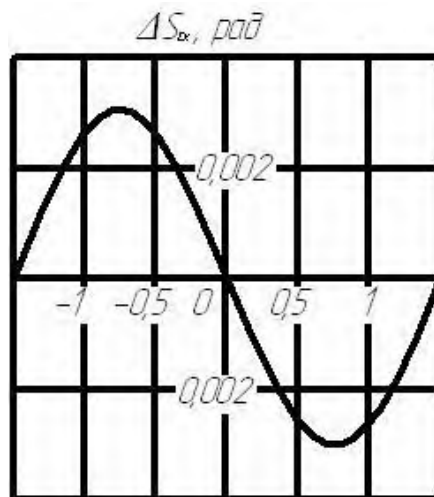


Рисунок 5.2 - Зміна похибки схеми

кривошипно-повзункового механізму $\Delta S_{\text{сх_max}}$

Отримаємо:

$$\Delta S_{\text{сх}} = -0.003$$

$$\Delta S_{\text{сх}} = 0.003$$

при $S = 0.8\text{мм}$:

при $S = -0.8\text{мм}$:

радіан(0,17°),

радіан(0,17°).

Таким чином, похибка схеми розглядуваного механізму не перевищує 0.17°, що можна вважати досить малим значенням для даного діапазону зміни кутів.

5.2 Кулісні механізми

Кулісні механізми використовують для перетворення обертового руху в обертовий. Є різні варіанти їх конструктивного виконання (рис. 5.3).

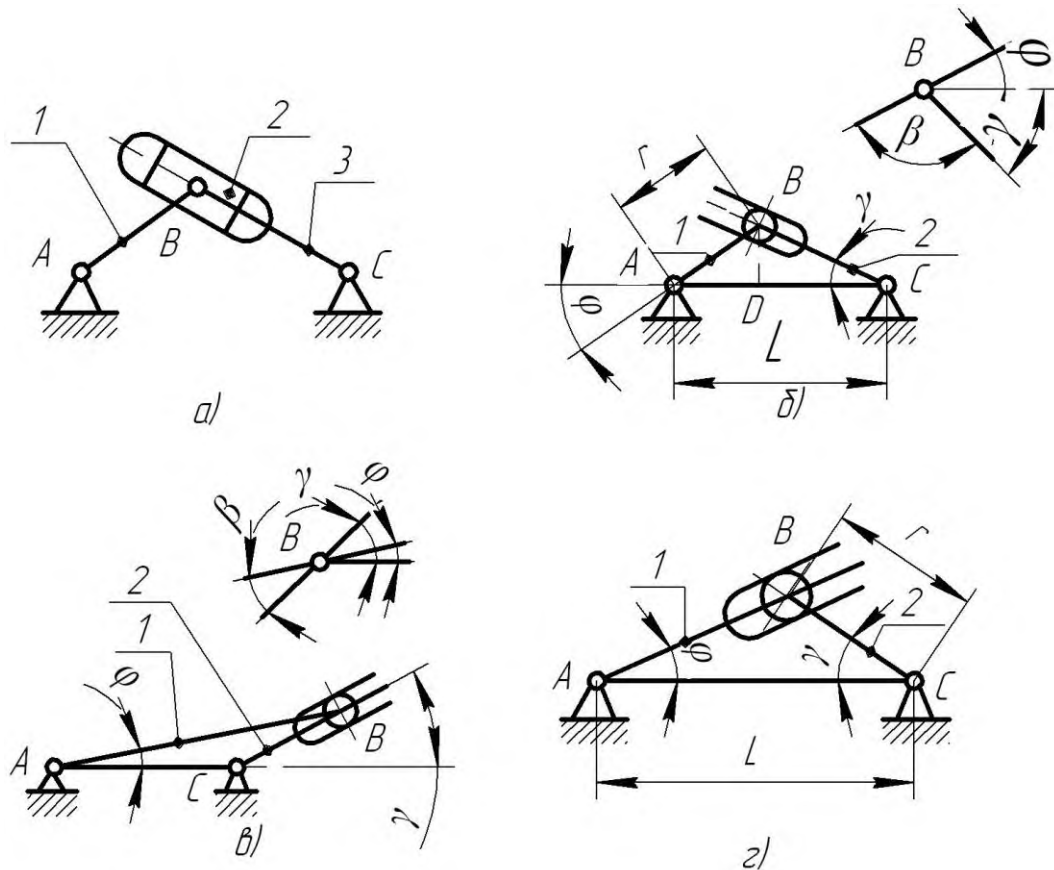


Рисунок 5.3 - Конструктивні різновиди кулісного механізму

Є варіанти, коли ведуча і ведена ланки мають різні напрямки обертання (рис. 5.3а, б). При великій довжині кривошипа $AB > l$ (рис. 5.3в) обидві ланки обертаються в одну сторону.

Зустрічаються також різновиди механізму, де неперервний обертовий рух кривошипа перетворюється в зворотно-поступальний рух куліси (механізм з коливною кулісою), тоді $\frac{1}{r} \geq 2$ (рис. 5.3б).

Кулісні механізми можуть бути триланковими (рис. 5.3а) з кривошипом 1, кулісою 3 і ковзаючим повзуном 2 і дволанковими (рис. 5.3б, в, г), що складаються тільки з кривошипа зі сферою 1 і кулісою 2. Ведучими ланками кулісного механізму можуть бути як кривошип, так і куліса.

Похибка схеми кулісного механізму при ведучому кривошипі

$$\Delta S_{\alpha} = \gamma - \gamma_i. \quad (5.15)$$

Визначимо функцію перетворення. Розглянемо схему, зображену на рис. 5.3б.

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{BD}{DC}.$$

З трикутника BDC випливає:

оскільки $BD = r \sin \varphi$, $DC = l - AD - l \cos \varphi$,

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{r \sin \varphi}{l - r \cos \varphi}, \quad (5.16)$$

звідки

$$\gamma = \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin \varphi}{\frac{l}{r} - \cos \varphi} \right]. \quad (5.17)$$

Отримана залежність γ є функцією перетворення механізму при ведучому кривошипі, так як зв'язує кут повороту у веденій ланки-куліси з кутом повороту φ ведучої ланки.

Для механізмів, у яких $r > 1$ (рис. 5.3в) формула (5.17) дає від'ємні значення кута γ , тому його слід відраховувати в протилежному напрямку від горизонтальної осі, як це показано на рис. 3в.

Передаточне відношення

$$u_{21} = \frac{d\gamma}{d\varphi} = \frac{\frac{l}{r} \cos \varphi - 1}{1 + \frac{l^2}{r^2} - 2 \frac{l}{r} \cos \varphi}, \quad (5.18)$$

яке при малих кутах φ наближається до сталої величини

$$u_{21\varphi \rightarrow 0} (l - r) = \operatorname{const}. \quad (5.19)$$

За необхідності залежність (5.17) може бути також представлена відрізком степеневого ряду

$$\gamma = \frac{1}{\frac{l}{r} - 1} \varphi - \frac{1}{3 \left(\frac{l}{r} - 1 \right)^3} \left[1 + 3 \frac{\frac{l}{r} - 1}{2} + \frac{\left(\frac{l}{r} - 1 \right)^2}{2} \right] \varphi^3 \quad (5.20)$$

$\frac{l}{r} \varphi \leq 0.5$, який для описує точну функцію перетворення з похибкою менше 1 %.

Ідеальну функцію перетворення будемо вважати лінійною. Тоді, якщо ведуча ланка-кривошип,

$$\gamma_{\mu} = k_{\varphi} \varphi. \quad (5.21)$$

Похибка схеми

$$\Delta S_{\alpha} = \arctg\left(\frac{\sin \varphi}{\frac{l}{r} - \cos \varphi}\right) - k_{\varphi} \varphi. \quad (5.22)$$

Для малих кутів вирази визначення похибки схеми можуть бути ще більше спрощені.

$$\sin(x) \approx x, \cos(x) \approx 1, \arctg(x) \approx x - \frac{x^3}{3}, \arcsin(x) \approx x + 1$$

За умови, що формулу (5.22) можемо представити у вигляді

$$\Delta S_{\alpha} = \left(\frac{1}{\frac{l}{r} - 1} - k_{\varphi} \right) \varphi - \frac{1}{3 \left(\frac{l}{r} - 1 \right)^3} \varphi^3. \quad (5.23)$$

Аналіз формул (5.22) і (5.23) показує, що похибка схеми куліси

механізму залежить від конструктивного параметра-відношення $\frac{l}{r}$. Для

його оцінки можемо використати умову максимуму похибки схеми. Якщо ведуча ланка – кривошип, то на основі формули (5.23) отримаємо

$$\frac{d\Delta S_{\alpha}}{d\varphi} \Big|_{(\varphi \rightarrow 0)} \rightarrow \frac{r}{l-r} - k_{\varphi} = 0, \quad (5.24)$$

звідки

$$\frac{l}{r} \approx 1 + \frac{l}{k_{\varphi}}. \quad (5.25)$$

Таким чином, конструктивний параметр кулісного механізму – відношення $\frac{l}{r}$ – у першому наближенні може бути оцінений за коефіцієнтами ідеальної функції перетворення.

Приклад розв'язку

Задачі 5.2

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №5

Визначити похибку схеми кулісного механізму (рис. 5.3) при ведучому кривошипі 1, якщо задано:

- найбільший кут повороту кривошипа 1 $\varphi = \pm 10^\circ$;
- найбільший кут повороту куліси $\gamma = \pm 30^\circ$.

Розрахунок похибки схеми виконаємо за формулою (5.22). За заданими граничними значеннями кутів на основі формули (5.21) визначимо коефіцієнт пропорційності.

$$k_\varphi = \frac{\gamma}{\varphi} = \frac{30}{10} = 3;$$

$$\frac{l}{r} \approx 1 + \frac{l}{k_\varphi} = 1 + \frac{1}{3} \approx 1.3$$

Тоді за формулою (5.25) вираз для визначення похибки схеми буде мати вигляд

$$\Delta S_{cx} = \arctg\left(\frac{\sin \varphi}{1.3 - \sin \varphi}\right) - 3\varphi$$

Графік зміни похибки зображено на рис. 5.4.

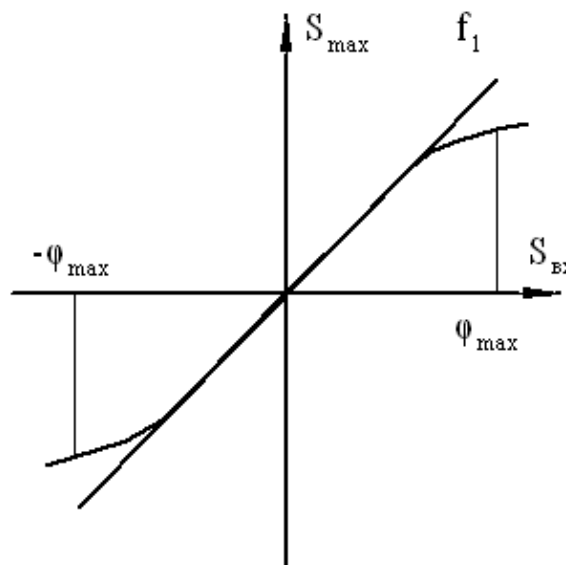


Рисунок 5.4 - Зміна похибки схеми кулісного механізму залежно від кута повороту ведучої панки кривошипа

Бачимо, що максимальне її значення буде при $\varphi = \pm 10^\circ$.

$$|\Delta S_{cx\max}| \leq 0.02 \text{ радіан} (\approx 1.1^\circ).$$

Значення цієї похибки досить велике на краях інтервалу зміни інтервалу кута φ .

Методичні рекомендації для виконання

Самостійної роботи №6

Регулювання пристроїв приладів

Мета роботи *ознайомлення з регулюванням пристроїв приладів для різних типів механізмів*

Хід роботи

Регулювання пристроїв приладів

Регулювання – процес, що дозволяє наблизити дійсну й ідеальну функції перетворення. У вимірювальних приладах розрізняють регулювання робочої ділянки приладу і регулювання чутливості. Регулювання робочої ділянки проводиться з метою вибору діапазону роботи приладу на лінійній ділянці кривої. Найбільш актуальний цей тип регулювання для приладів, що мають не – симетричний характер функції перетворення, і містять, наприклад, кривошипно-повзунний механізм.

У синусних і тангенсних механізмах, що мають симетричну функцію перетворення, регулюють в основному початкове положення і чутливість, або передаточне відношення. Відомі три методи регулювання приладу:

1. Регулювання до досягнення нульової похибки в нульовій точці шкали (регулювання по одній точці).
2. Регулювання до досягнення нульових похибок у нульовій точці й на кінці шкали (по двох точках).
3. Регулювання до досягнення нульових похибок у нульовій точці й деякій проміжній точці шкали, яка вибрана з умови забезпечення рівності за модулем найбільшої і найменшої похибок (по двох точках з додатковою умовою).

Якісно результати такого регулювання для синусного механізму показано на рис. 6.1.

При регулюванні по одній точці (рис. 6.1а) точно співпадають дійсна f_d й ідеальна f_i функції перетворення лише при нульовому значенні переміщення $S_{вх}$, а найбільша похибка буде при максимальному його значенні (для синусного механізму, показаного на рисунку 6.2, „вхідним” параметром буде кут φ).

При регулюванні по двох точках (рис. 6.1б) криві співпадають у нулі й при максимальному значенні $S_{вх}$. Найбільше відхилення кривих буде в деякій

проміжній точці φ_i .

При регулюванні за третім методом (рис. 6.1в) нульова похибка буде при $S_{\text{вх}} = 0$ і $S_{\text{вх}} = \varphi$. При цьому найбільші похибки в точках φ_3 і φ_{max} повинні бути однаковими.

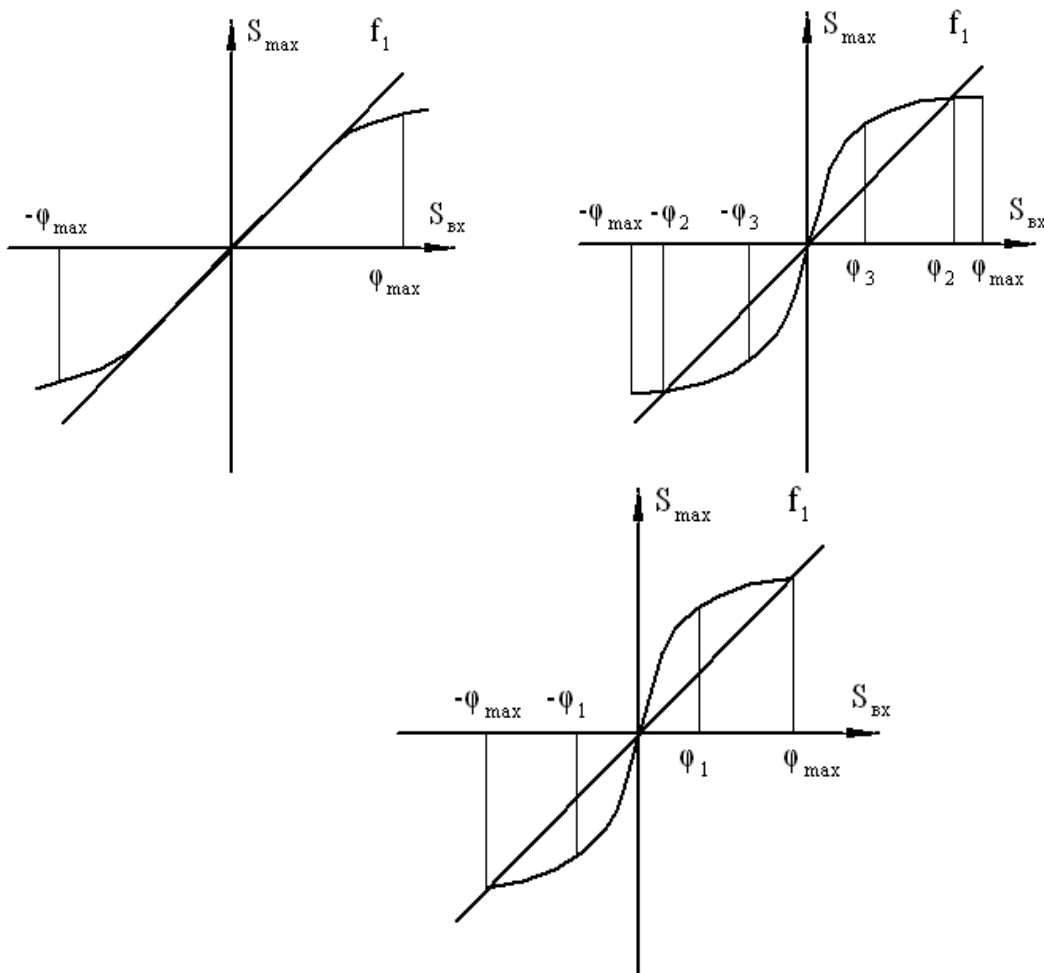


Рисунок 6.1 - Три методи регулювання синусного механізму

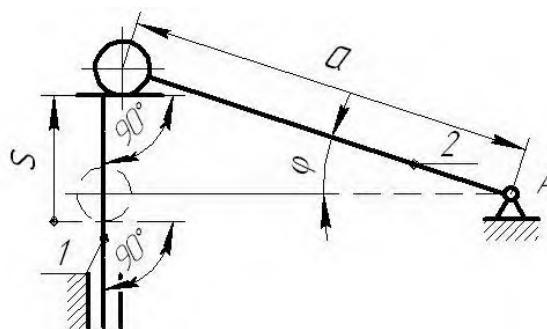


Рисунок 6.2 - Схема синусного механізму

Логічно можливо було б очікувати, що третій метод регулювання дає найменшу похибку роботи механізму. Перевіримо це припущення на прикладі.

Приклад розв'язку

Задачі 6.1

САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №6

Визначити найбільші похибки, точки регулювання і значення довжини важеля a синусного механізму, якщо ведучою ланкою є важіль 2.

Розрахунок провести для трьох методів регулювання:

- 1) регулювання до досягнення нульової похибки в нульовій точці шкали (регулювання по одній точці);
- 2) регулювання до досягнення нульових похибок у нульовій точці й на кінцях шкали (регулювання по двох точках);
- 3) регулювання до досягнення нульових похибок у нульовій точці й деякій проміжній точці шкали, яка вибрана при умові забезпечення рівності за модулем найбільшої і найменшої похибок (регулювання по двох точках).

Побудувати графіки зміни величини переміщення S залежно від зміни кута φ для трьох методів у діапазоні зміни кута φ від $\varphi_0=0$ до 5 і максимальному переміщенні $S_{\max}=1\text{ мм}$.

Для синусного механізму (рис. 2)

$$S_{\text{вихг}} = k\varphi$$

$$S_{\text{вихі}} = k_{\varphi}\varphi$$

$$\Delta S_{\text{сх}} = S_{\text{вихг}} - S_{\text{вихі}} = a \sin \varphi - k_{\varphi}\varphi$$

При розкладанні в ряд за наближеною формулою

$$\arcsin x = x + \frac{x^3}{6} \quad (6.4)$$

отримаємо

$$\Delta S_{\text{сх}} = a \left(\varphi + \frac{\varphi^3}{6} \right) - k_{\varphi}\varphi = \varphi(a - k_{\varphi}) - a \frac{\varphi^3}{6}, \quad (6.5)$$

де a – довжина синусного важеля;

k_{φ} – коефіцієнт пропорційності (передаточне відношення ідеального механізму).

За цим методом регулювання є зміст вимагати, щоб $a = k_{\varphi}$, оскільки, якщо ведуча ланка – важіль, то для малих кутів повороту передаточне відношення синусного механізму

$$U_{12} \approx 8. \quad (6.6)$$

Тоді похибка схеми

$$\Delta S_{cx} = -k_{\varphi} \frac{\varphi^3}{6}. \quad (6.7)$$

Максимальне значення ΔS_{cx} буде при $\varphi = \varphi_{\max}$;

$$\Delta S_{cx \max} = -k_{\varphi} \frac{\varphi^3}{6}. \quad (6.8)$$

Похибка схеми в даному випадку приймає від'ємного значення, оскільки дійсна функція перетворення f_0 менше ідеальної f_I , як це показано на рис. 6.1а.

$$k_{\varphi} = \frac{S_{вих}}{\varphi}. \quad (6.9)$$

Так як ідеальну функцію перетворення приймаємо лінійною, то можемо записати, що в точці $\varphi_{\max}$

$$S_{вих} = S_{\max}. \quad (6.10)$$

Звідси

$$k_{\varphi} = \frac{S_{\max}}{\varphi_{\max}} = \frac{1}{5} \cdot \frac{3.14}{180} = 11.46; \quad (6.11)$$

$$\Delta S_{cx \max} = -11.46 \frac{\left(5 \frac{3.14}{180}\right)^3}{6} = 0.00125 \text{ мм}$$

При регулюванні по двох точках необхідно, крім величини a , знайти також кут φ_1 , при якому похибка схеми приймає максимальне значення. Для їх знаходження складемо два рівняння. Перше запишемо, враховуючи, що в точці $\varphi_{\max}$ похибка схеми $\Delta S_{cx} = 0$, а друге – за умовою максимуму похибки схеми в точці φ_1

$$\Delta S_{cx(\varphi=\varphi_{\max})} = (a - k_{\varphi})\varphi_{\max} - a \frac{\varphi_{\max}^3}{6} = 0. \quad (6.12)$$

Звідси

$$a = \frac{k_{\varphi}}{1 - \frac{\varphi_{\max}^2}{6}}; \quad (6.13)$$

За умови максимуму

$$\Delta S_{cx(\varphi=\varphi_1)} = \left((a - k_{\varphi})\varphi - a \frac{\varphi^3}{6} \right)_{\varphi=\varphi_1} = 0 \quad (6.14)$$

отримаємо, що

$$\varphi_1^2 = 2 \left(1 - \frac{k\varphi}{a} \right). \quad (6.15)$$

Підставляючи в (6.13) знайдене значення a , визначимо точку максимуму похибки схеми

$$\varphi_1 = \pm \frac{\varphi_{\max}}{\sqrt{3}}. \quad (6.16)$$

Найбільше значення похибки схеми, в свою чергу, знайдемо, підставляючи значення a і φ_1 у (6.5):

$$\begin{aligned} \Delta S_{\text{схmax}} &= \left(\frac{k_\phi}{1 - \frac{\phi_{\max}^2}{6}} - k_\phi \right) \frac{\phi_{\max}}{\sqrt{3}} - \left(\frac{k_\phi}{1 - \frac{\phi_{\max}^2}{6}} \right) \left(\frac{\phi_{\max}^3}{6 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}} \right) \approx \frac{k_\phi \cdot \phi_{\max}^2}{6 \cdot 2.6} \\ \Delta S_{\text{схmax}} &= \frac{11.46 \left(5 \frac{3.14}{180} \right)^3}{6 \cdot 2.6} = 0.0005 \text{ мм} \end{aligned} \quad (6.17)$$

Визначити необхідно три параметри: a , φ_2 , φ_3 . Слід розв'язати три рівняння. Перше запишемо відносно нульової похибки в точці φ_2 , друге – за умовою максимуму в точці φ_3 , третє – за рівністю похибок у точках φ_3 і $\varphi_{\max}$. У точці φ_2 похибка схеми повинна дорівнювати нулю:

$$\Delta S_{\text{сх}(\phi=\phi_2)} = (a - k_\phi)\phi_2 - a \frac{\phi^3}{6} = 0.$$

Звідси

$$\varphi_2^2 = 6 \left(1 - \frac{k_\phi}{a} \right). \quad (6.18)$$

Умова максимуму похибки схеми в точці φ_3 дає можливість записати

$$a = \frac{k_\phi}{\left(1 - \frac{\varphi_2^3}{2} \right)}; \quad (6.19)$$

$$\varphi_3, \varphi_{\max}. \quad (6.20)$$

У свою чергу, рівність похибок за абсолютним значенням у точках приводиться до рівняння

$$(a - k_\phi)\varphi_3 - a \frac{\varphi_3^3}{6} = -(a - k_\phi)\varphi_{\max} + a \frac{\varphi_{\max}^3}{6}. \quad (6.21)$$

Підставляючи в (6.21) значення a (6.20), отримаємо рівняння

$$2\varphi_3^2 + 3\varphi_3^3\varphi_{\max} - \varphi_{\max}^3 = 0, \quad (6.22)$$

один з коренів якого

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_{\max}}{2}. \quad (6.23)$$

Тоді

$$a = \frac{k_\varphi}{\left(1 - \frac{\varphi_{\max}^2}{8}\right)}. \quad (6.24)$$

Підставляючи отримане в (6.24) значення a в (6.19), отримаємо

Найбільше значення похибки отримаємо за формулою (6.5), враховуючи знайдені значення a , φ_3 :

$$\Delta S_{\text{сх max}} = \left(\frac{k_\varphi}{1 - \frac{\varphi_{\max}^2}{8}} - k_\varphi \right) \frac{\varphi_{\max}}{2} - \frac{k_\varphi}{1 - \frac{\varphi_{\max}^2}{8}} \frac{\varphi_{\max}^3}{48} \approx k_\varphi \frac{\varphi_{\max}^3}{24}. \quad (6.26)$$

Аналіз результатів регулювання синусного механізму за вказаними трьома методами показує, що вдосконалення процесу регулювання, його ускладнення призводить до зменшення похибки роботи механізму. Наприклад, найбільша похибка схеми при регулюванні за третім методом буде в 4 рази менше, ніж при регулюванні за методом 1 (табл. 1) при одних і тих же заданих значеннях меж повороту кута φ , ідеальній чутливості k_φ механізму.

Таблиця 6.1 - Результати регулювання синусного механізму

Метод	Найбільша похибка $\Delta S_{cx \max}$ аналітична	Найбільша похибка $\Delta S_{cx \max}$ Числове значення, мм	Довжина важеля	Контрольні точки
1	$-k_{\phi} \frac{\phi_{\max}^3}{6}$	0,00125	$a = k_{\phi}$	$\phi = 0, \Delta S_{cx} = 0,$ $\varphi = \varphi_{\max}; \Delta S_{cx \max}$
2	$-k_{\phi} \frac{\phi_{\max}^3}{6} * 2.6$	0,0005	$a = \frac{k_{\phi}}{(1 - \frac{\phi_{\max}^2}{6})}$	$\phi = 0, \varphi_{\max},$ $\Delta S_{cx} = 0,$ $\phi_1 = \frac{\varphi_{\max}}{\sqrt{3}}; \Delta S_{cx \max}$
3	$-k_{\phi} \frac{\phi_{\max}^3}{24}$	0,0003	$a = \frac{k_{\phi}}{(1 - \frac{\phi_{\max}^2}{8})}$	$\phi = 0, \varphi_{\max}, \Delta S_{cx} = 0,$ $\phi_2 = \sqrt{3} \frac{\varphi_{\max}}{2};$ $\Delta S_{cx} = 0,$ $\phi_3 = \frac{\varphi_{\max}}{2};$ $\Delta S_{cx}(\phi_i) = -\Delta S_{cx}(\phi_{\max})$

Формули, наведені в табл. 6.1, дозволяють вибрати характеристики регулювання синусного механізму для будь-яких вихідних параметрів, які нас цікавлять.

Перелік посилань

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Нестерчук Д.М. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько. – Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 255 с.
- 2 Практикум з дисципліни «Самостійно-вимірювальні прилади з основами метрології»: навчальне видання / Д.М.Нестерчук, М.В.Постнікова. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 100 с.
- 3 Дудюк Д.Л., та ін. Електричні вимірювання. Навчальний посібник – Львів: Афіша, 2003.- 272с.
- 4 Цюцюра В.Д., Цюцюра С.В. Метрологія та основи вимірювань; Навчальний посібник – К. знання – Прес, 2003.- 180с.- (Вища освіта ХХІ століття).
- 5 Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та інші. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник./ Львів: Видавництво „Бескид Біг”, 2003. – 544с.
- 6 Дорожовець М. та інші. Основи метрології та вимірювальної техніки. Підручник у 2 т. Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2005- Т.1. Основи метрології. - 537 с.
- 7 П.П.Орнатский. Автоматические измерения и приборы, К.: Вища школа, 1986.
- 8 Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2 т./М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 1300 с.
- 9 Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань: Підручник / В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, Є.Т. Володарський, В.В.Гребко. – Херсон: Олді-плюс, 2013.–538 с
- 10 .Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. К.: Вища школа, 1983.
- 11 Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / В.П. Бабака, С.В. Бабака, В.С. Еременко и др., под ред. чл.-кор. НАН Украины В.П. Бабака / – К.: София-А, 2014. – 832с.
- 12 Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А.И. Якушев, М.Н.Воронцов, Н.М. Федотов.- М.:Машиностроение, 1986.- 352 с.
- 13 Нестерчук Д.М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 206 с.
- 14 Шаповаленко О.Г. Основи електричних вимірювань. / О.Г. Шаповаленко, В.М. Бондар. – К.: Либідь, 2002. – 319 с.
- 15 Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: підручник. / Є.С. Поліщук. 2000. – 360 с.
16. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, В.О.Яцук, В.М.Ванько, Т.Г.Бойко; за ред. проф. Є.С.Поліщука. 2012. – 544 с.

- 17 Луцик Я.Т. Вимірювання температурні: теорія та практика / Я.Т. Луцик, О.П. Гук, О.І. Лах, Б.І. Стадник. – Львів: Бескід Біт, 2006. – 560 с.
- 18 Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. Держстандарт України, 1994. – 68 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка: навч. посібник. / В.В.Кухарчук, В.Ю.Кучерук, В.П.Долгополов, Л.В.Грумінська. 2004. – 252 с.
2. Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник / [В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, Є.Т.Володарський, В.В.Грабко] 2013. – 538 с.
3. Бондаренко В.І. Методи і засоби вимірювання електричних величин у прикладах та задачах: навч. Посібник. / В.І. Бондаренко, О.П. Давиденко, В.І. Дякін. – К.: УМКВО, 1990. – 157 с.
4. Головка Д.Б. Основи метрології та вимірювань: підручник. / Д.Б.Головка, К.Г. Рего, Ю.О.Скрипник. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.
5. Гуржій А.М. Електричні і радіотехнічні вимірювання / А.М. Гуржій, Н.І. Поворознюк – К.: Нав. книга, 2002. – 287 с.
6. Кремлівський П.П. Витратоміри й лічильники кількості речовин. Кн.1: навч. посіб. – К.: Вид-во «Політехніка», 2002. – 412 с.

Додаток А

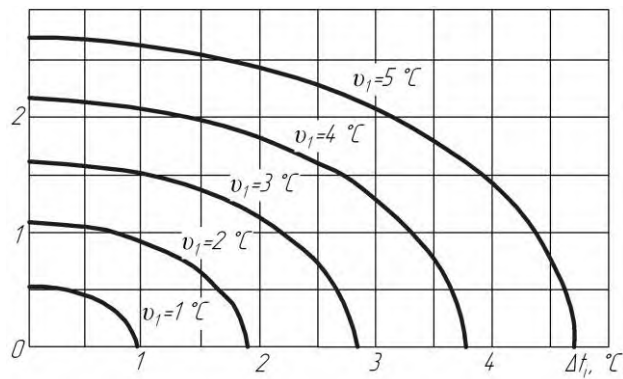


Рисунок 1.1.1 - Температурний режим залежно від допущених відхилень і коливань температури середовища. Матеріал вимірювальної деталі – латунь і бронза без вказання марки

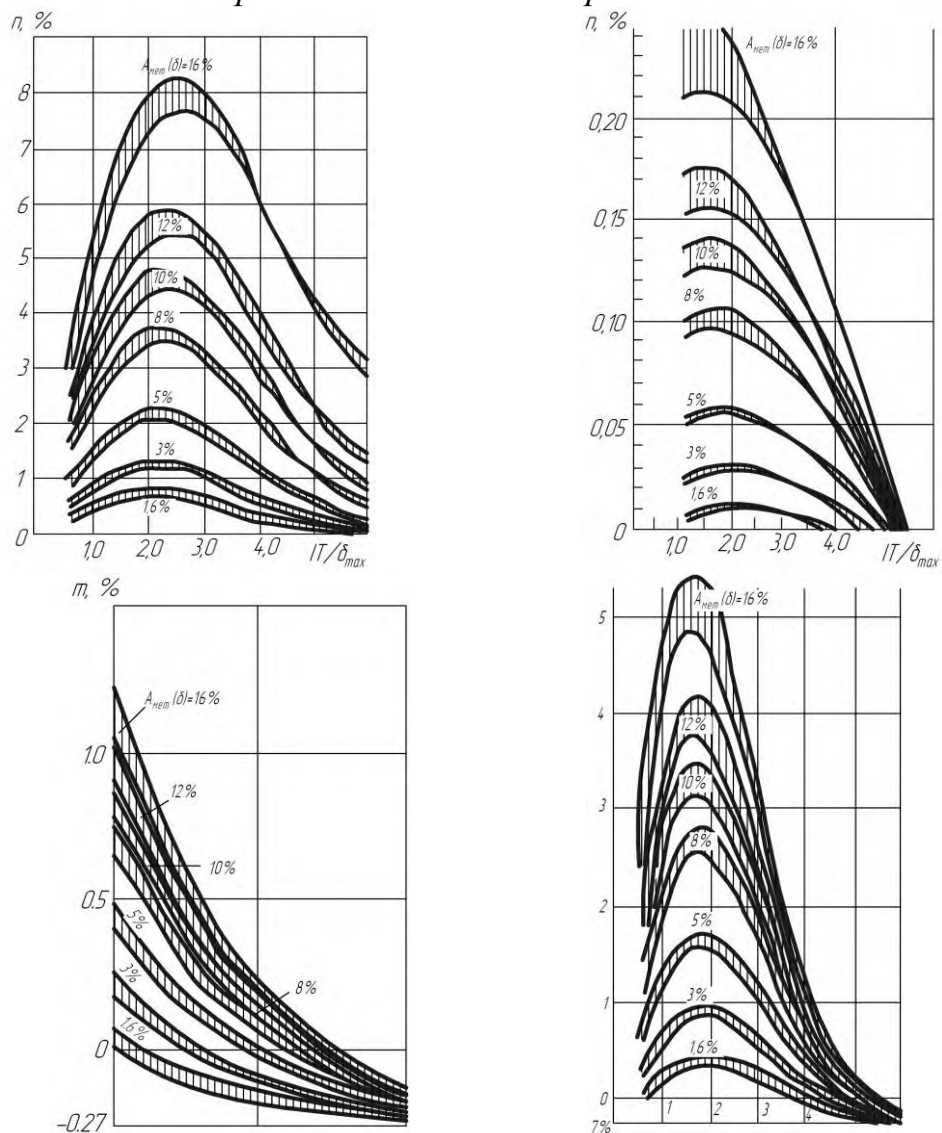


Рисунок 1.1.2- Температурний режим залежно від допущених відхилень і коливань температури середовища. Матеріал вимірювальної деталі – легкі сплави на основі алюмінію чи магнію без укавання марки

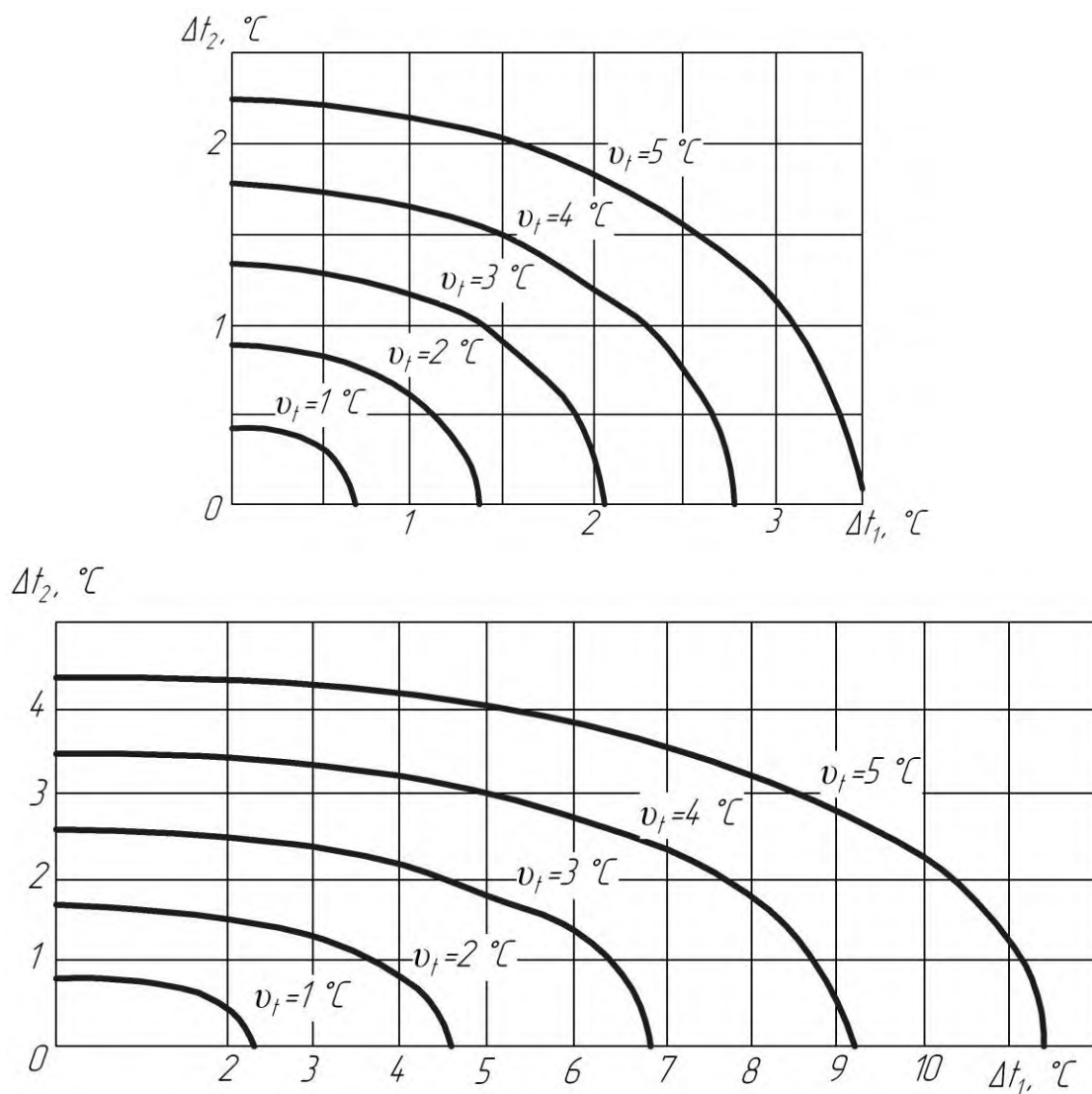


Рисунок 1.1.3 - Температурний режим залежно від допущених відхилень і коливань температури і середовища. Матеріал вимірювальної деталі – чорний метал

Таблиця 1.1.1 - Граничні похибки вимірювання зовнішніх лінійних розмірів, биття і глибин універсальними вимірювальними засобами

Номер для табл. 1.1.30–1.1.32, 1.1.34	Засоби вимірювання	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм
	Найменування у разі застосування	До 500
1	Лінійка вимірювальна металева з ціною поділки 1 мм	500
2	Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,1 мм	150
3	Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,05 мм	100

Таблиця 1.1.2 - Граничні похибки вимірювання лінійками металевими

Номер для табл. 1.1.30–1.1.32, 1.1.34	Методи вимірювання	Граничні похибки вимірювання, мкм, для діапазону розмірів, мм
	Найменування в разі застосування	До 500
1	Лінійка вимірювальна металева з ціною поділки 1 мм	500

Таблиця 1.1.3 - Граничні похибки вимірювання штангенциркулями

Ном ер для табл. 1.1.3 0, 1.1.3 4	Засоби вимірювання	Граничні похибки вимірювання, мкм, для діапазону розмірів, мм		
	Найменування в разі застосування	До 50	Св. 50 до 250	Св. 250 до 500
2	Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0.1 мм	150	200	250
3	Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0.05 мм	100	100	-

Таблиця 1.1.4 - Граничні похибки вимірювання мікрометрами гладкими

Н о м е р д л я т а б л. - 1 - 1 - 3 0 - 1 - 1 - 3 4	Засоби вимірювання	Ва рі ан т и в ик ор ис та нн я	Температурни й режим, С, для діапазону розмірів, мм			Граничні похибки вимірювання, мкм, для діапазону розмірів, мм								
						Д	С	С	С	С	С	С	С	С
						о	в	в	в	в	в	в	в	в
	Найменування в разі застосування					2	-	-	-	-	-	-	-	-
						5	2	7	1	1	2	2	3	1
							5	5	0	5	0	5	0	5
							д	д	0	0	0	0	0	0
							о	о	д	д	д	д	д	д
							7	1	о	о	о	о	о	о
							5	0	1	2	2	3	4	2
			0	5	0			0	5	0	5	0	0	0
			-	-	-				0	0	0	0	0	0
			5	5	0									
4	Мікрометр гладкий з величиною відліку 0.01 мм при налаштуванні на нуль по встановленій мірі	a* б**	5 5	5 2	5 1	5 5	10 5	15 5	15 10	20 10	25 10	30 10	40 10	50 10

Таблиця 1.1.5 - Граничні похибки вимірювання скобами індикаторними

5		Номер для таблиці 1.1.30		Засоби вимірювання	
Скоби індикаторні з ціною поділки 0.01 мм		Найменування в разі застосування		Варіанти виконання	
				Умови вимірювання	
				Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм	

* Мікрометри при роботі перебувають у руках.

** Мікрометри при роботі перебувають у стійці або забезпечується надійна ізоляція від тепла рук оператора.

* Скоби при роботі перебувають у руках.

** Скоби при роботі перебувають у стійці або забезпечується надійна ізоляція від тепла рук оператора.

Таблиця 1.1.6 - Граничні похибки вимірювання важільними мікрометрами і скобами

	Найменування в разі застосування	вид конт. акту	Клас застосування кінцевих мір	Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм															
					0-50	50-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-800	800-1000	1000-1250	1250-1600	1600-2000	2000-2500	2500-3150	3150-4000	
6	Мікрометри важільні з ціною поділки 0,002 і 0,001 мм при установці на нуль по кінцевих мірах довжини при використанні на всій межі виміру	а *	Будь-який	3	5	5	5	4	7	9	12	14	16	18	21	26	30	40	50	
	Той же при установці на нуль по кінцевих мірах довжини і використанні відліку на 10 поділках шкали	б *	Те ж	3	5	2	1	4	4,5	5	5	6	7	7	7	7	7	10**	10**	
	Той же при установці на нуль по кінцевих мірах довжини і використанні відліку на 10 поділках шкали	в *	Площинних і лінійних частин	2	2	5	2	1	2	3	3	3	3,5	4	4,5	5	4	6	7	
	Той же при установці на нуль по кінцевих мірах довжини і використанні відліку на (1÷2) поділках шкали і чотириразовому вимірюванню	г *	Те ж	1	1	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,7	1,8	2,3	2,6	3,3	

* При роботі прилади знаходяться в руках.

** При роботі прилади знаходяться в стійці або забезпечується надійна ізоляція від тепла рук оператора.

*** При вимірюванні мікрометром важільним з ціною поділки 0,002 мм похибка дорівнює відповідно 8 і 9 мкм.

Таблиця 1.1.7 - Граничні похибки вимірювання індикаторами годинникового типу

Но- мер да- ти аб- л. 1. 1. 29 та 1. 33	Засоби вимірю- вання	Варі- ант и вик- она- ння	Умови вимірювання					Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм											
	Наймен- ування в разі застосу- вання		Ус- та- но- вл- ю- ва- ль- ні ву- зл- и	Вико- рист- ову- ва- не пере- мі- ню- ва- ль- но- го стер- жня	Клас за- ста- со- во- ву- ю- ть кі- н- це- ви- х мі- р	Темпера- турний режим °С для діапазону у розмі- рі в, мм													
						1-30	30-120	120-500											
7	Індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм і межею вимірювання від 2 до 10 мм, клас точності 1	або в гд	До 250 мм – штатив і тас-тійки з діаметром колонки не менше 30 мм і най-більш-им-ви-ль-от-ом-го-ло-вк-и до 200 мм. Понад 250 мм – штатив і зліз-діа-метр-ом-ко-ло-ик-и не-ем-ен-ше-50 мм і най-більш-им-ви-ль-от-ом-го-ло-вк-и до 500 мм	10	5	5	5	5	15	15	16	16	18	20	22	25	35	40	45
				5	5	5	5	5	12	12	13	13	15	18	20	25	35	40	45
				2	4	5	5	2	10	10	10	10	12	12	12	14	18	20	22
				1	3	5	2	1	8	8	8	8	8	8	9	10	11	12	12
				0,1	3	5	2	1	5	5	5	5	6	6	7	9	9	10	10
	Те ж, клас точності 0	ежзник		10	4	5	5	2	12	12	12	12	13	14	14	15	18	20	22
				5	4	5	5	2	10	10	10	10	12	12	12	14	18	20	22
				2	3	5	5	2	8	8	9	9	10	10	10	10	12	14	16
				1	3	5	2	1	6	6	7	7	7	7	7	8	10	10	12
				0,1	3	5	2	1	4	4	4	4	5	5	6	7	8	9	10
Індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм і межею вимірювання від 2 до 10 мм, клас точності 1 при вимірюванні биття	лмнопр	10	-	-	-	-													
		5	-	-	-	-													
		2	-	-	-	-													
		1	-	-	-	-													
		0,1	-	-	-	-													
		0,02÷0,03	-	-	-	-													
Те ж, клас точності 0	стуфх	10	-	-	-	-													
		5	-	-	-	-													
		2	-	-	-	-													
		1	-	-	-	-													
		0,1	-	-	-	-													

Таблиця 1.1.8 - Граничні похибки вимірювання головками важільно-зубчастими

Но ме р д л я т а б л и 1 1 2 9 - 1 1 3 3	Засоби вимірювання		Умови вимірювання						Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм							
	Назва у випадку застосування	В а р і а н т и в и к о н а н н я	Використовуване переміщення вимірювального стрижня	Установлювальні вузли	Застосовувані кінцеві міри		Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм			Д о 1 0	П н а	П н а	П н а	П н а	П н а	П н а
					Клас	Розряд	1-30	30-120	120-250							
9	Головки важільно-зубчасті з ціною поділки 0,002 мм і межею вимірювання 0,1 мм, з налаштуванням по кінцевих мірах довжини на будь-який поділ	а	0,10	Штативи*	3	-	5	2	1	3	3 ,5	3 ,5	4	4 ,5	5	6
	Те ж, з налаштуванням на нульове ділення	б	0,06	Стійки*	-	5	2	1	0,5	1 ,4	1 ,5	1 ,6	1 ,8	2 ,2	2 ,2	-
	Головки важільно-зубчасті з ціною поділки 0,002 мм і межею вимірювання 0,1 мм, при вимірюванні биття	в	0,04	Штативи*	-	-	-	-	-	1 ,4	1 ,4	1 ,4	1 ,4	1 ,8	1 ,8	1 ,8
10	Головки важільно-зубчасті з ціною поділки 0,001 мм і межею вимірювання 0,05 мм, з налаштуванням по кінцевих мірах довжини на будь-який поділ	а	0,0050	Штативи*	-	5	2	1	0,5	2	2	2	2	2 ,5	2 ,5	2 ,8
	Те ж, з налаштуванням на нульове ділення	б	0,0030	Стійки*	-	4	2	0,5	0,2	0 ,6	0 ,8	0 ,8	0 ,8	1 ,0	1 ,0	-
	Головки важільно-зубчасті з ціною поділки 0,001 мм і межею вимірювання 0,05 мм, при вимірюванні биття	в	0,020	Штативи*	-	-	-	-	-	0 ,8	0 ,8	0 ,8	0 ,8	1 ,1	1 ,1	1 ,1

* Штативи з діаметром колонки не менше 30 мм і найбільшим вильотом головки до 200мм.

** Стійки з межами вимірювання 0 – 160мм і 0 – 100 мм і діаметрами колонки не менше 50 і 30 мм відповідно.

Таблиця 1.1.9 - Граничні похибки вимірювання індикаторами багатооборотними

Н о м е р д л я т а б л. 1.1 .29 -1. 1.3 3	Засоби вимірюван ня	В а р і а н т и в и к о н а н н я	Умови вимірювання					Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм											
	Найменува ння в разі застосува ння		Вик ори сто вув ане пер емі ще ння вим ірю вал ьно го стр иж ня	Ус та но в- лю ва ль ні ву зп и	Кл ас но зас то со ву ва нн я к інц ев их зах оді в	Температурни й режим °С для діапазону розмірів, мм			Д о 3	П о н а д 3 до 6	П он ад 6 до 10	По на д 1 до 1 0 до 8	По на д 1 до 3 до 0	П о н ад 30 до 50	П он ад 50 до 80	По на д 8 до 1 20	П о н а д 1 до 2 0	П о н а д 1 до 2 0	
						1 - 3 0	30 -1 20	12 0- 25 0											
11	Індикатор и багатоо боротні з ціною поділки 0,002 мм і межею вимірюва ння 2 мм	а б в	2 1 0,4	Шт ат ив и* Сті йк и* *	4 3 2	5 5 5	5 2 1	2 2 0,5	5 5 3	5 5 3	5 53	6 5 4	6 5 4	7 5 4	8 5 4	10 6 4	10 7 4	12 8	
	Те ж при вимірюва нні биття	г д е	2 1 0,05	Шт ат ив и* Сті йк и* *	- - -	- - -	- - -	- - -	6 5 2									6 5 -	
12	Індикатор и багатоо боротні з ціною розподілу 0,001 мм і межею вимірюва ння 1 мм	а б	1 0,2	Шт ат ив и* Сті йк и* *	2 2	5 5	1 1	0,5 0,5	3 2	3 2	3 2,2	3 2,5	3 2,5	3 2,5	3 2,5	3 2,5	3,5 3	3,5 3	4
	Те ж при вимірюва нні биття	в г	1 0,05	Шт ат ив и* Сті йк и* *	- -	- -	- -	- -	3 2									3 -	

* Штативи з діаметром колонки не менше 30 мм і найбільшим вильотом головки до 200мм.

** Стійки з межами вимірювання 0 - 160мм і 0 - 100 мм і діаметрами колонки не менше 50 і 30 мм відповідно.

Таблиця 1.1.10 - Граничні похибки вимірювання головками вимірювальними пружинними (мікрокатори)

Но мер для таб л. 1.1. 29– 1.1. 33	Засоби вимірювання Найменування в разі застосування	В и с т а н о в и н а н н я	Умови вимірювання							Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм							
			В и с т а н о в и н а н н я	Викори стовува не перемі щення вимірю вальног о стриж ня, мм	Уст ано вл юв аль ні вуз ли	Заст осов уван і кін цеві міри			Темпера турний режим °С для діапазону розмірів, мм	Д о 6	П о н а д 6 д о 1 0	П о н а д 1 0 8	П о н а д 18 д о 30	П о н а д 3 0 5 0	П о н а д 5 0 8 0	П о н а д 80 д о 12 0 0	П о н а д 1 2 0 1 6 0
						К л а с	Р о з р я д	1 - 3 0	30 -1 20	1 2 0 - 2 5 0							
13	Головки вимірювальні пружинні *мікрокатори з ціною поділки 0,01 мм і межею вимірювання 0,30 мм	а	0,30	С 1 1**	4	-	5	5	2	6	6	7	7	7	8	10	1 0
		б	0,30	Те ж	3	-	5	2	1	4	4	4	5	5	5	6	6
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,30		-	-	-	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6
		г	0,30		-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4
		д	0,30		-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4
14	Головки вимірювальні пружинні *мікрокатори з ціною поділки 0,005 мм і межею вимірювання 0,15 мм	а	0,15		4	-	5	5	2	5	5	5	5	6	7	9	9
		б	0,15		3	-	5	2	1	3	3	3	3	3	4	5	5
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,15		-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4
		г	0,15		-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3
		д	0,15		-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3

Продовження таблиці 1.1.10

15	Головки вимірювальні пружинні *мікрометри з ціною поділки 0,002 мм і межею вимірювання 0,060 мм	а	0,060		2	-	2	1	0 5	1 5	1,5	1 5	1,5	2	2	2,5	2 5
		б	0,060		2	-	2	1	0 5	1 0	1,0	1 5	1,5	1 5	1 5	2,0	2 0
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,060		-	-	-	-	-	1 5	1,5	1 5	1,5	1 5	1 5	1,5	1 5
		г	0,060		-	-	-	-	-	1 0	1,0	1 0	1,0	1 0	1 0	1,0	1 0
16	Головки вимірювальні пружинні *мікрометри з ціною поділки 0,001 мм і межею вимірювання 0,030 мм	а	0,030		1	-	2	0,5	0 2	0 7	0,8	0 9	1,0	1 0	1 0	1,2	1 2
		б	0,030		1	-	2	0,5	0 2	0 6	0,6	0 7	0,8	0 8	0 9	1,0	1 0
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,030		-	-	-	-	-	0 7	0,7	0 7	0,7	0 7	0 7	0,7	0 7
		г	0,030		-	-	-	-	-	0 5	0,5	0 5	0,5	0 5	0 5	0,5	0 5
17	Головки вимірювальні пружинні *мікрометри з ціною поділки 0,0005 мм і межею вимірювання 0,015 мм	а	0,015	С 1 **	-	3	1	0,5	0 2	0 5	0,5	0 6	0,6	0 6	0 7	0,9	0 9
		б	0,015	Те ж	-	2	1	0,2	0 2	0 4	0,4	0 5	0,5	0 5	0 5	0,6	0 7
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,015		-	-	-	-	-	0 4	0,4	0 4	0,4	0 4	0 4	0,4	0 4
		г	0,015		-	-	-	-	-	0 3	0,3	0 3	0,3	0 3	0 3	0,3	0 3

Закінчення таблиці 1.1.10

18	Головки вимірювальні пружинні *мікрометри з ціною поділки 0,0002 мм і межею вимірювання $\pm 0,006$ мм	а	$\pm 0,006$		-	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
		б	0,006		-	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,4	0,5	0,5
	Те ж при вимірюванні биття	в	$\pm 0,006$		-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		г	0,006		-	-	-	-	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Головки вимірювальні пружинні *мікрометри з ціною поділки 0,0001 мм і межею вимірювання $\pm 0,004$ мм	а	$\pm 0,004$		-	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,4	0,5	0,5
		б	0,004		-	2	0,5	0,1	0,1	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,4	0,45	0,5
19	Те ж при вимірюванні биття	в	$\pm 0,004$		-	-	-	-	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
		г	0,004		-	-	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Головки вимірювальні пружинні *мікрометри з ціною поділки 0,0001 мм і межею вимірювання $\pm 0,004$ мм	а	$\pm 0,004$		-	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,4	0,5	0,5
		б	0,004		-	2	0,5	0,1	0,1	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,4	0,45	0,5
	Те ж при вимірюванні биття	в	$\pm 0,004$		-	-	-	-	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
		г	0,004		-	-	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

* С – 11 – стійки з межею вимірювань 0–160 мм, вильотом головки 75 мм і діаметром колонки 50 мм.

** С – 1 – стійки з межею вимірювань 0–160 мм, вильотом головки 75 мм і діаметром колонки 70 мм.

Таблиця 1.1.11 - Граничні похибки вимірювання головками вимірювальними пружинними (мікрокатори)

Но ме р д ля таб л. 1.1. 29– 1.1. 33	Засоби вимірювання Найменування в разі застосування	В а р і а н т и в и к о н а н н я	Умови вимірювання						Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм												
			Ви кор ист ову ван е пе рем іще ння вим ірю вал ьно го стр иж ня, мм	Ус тан ов лю вал ьні вуз ли	Засто совув ані кінцев і міри		Температу рний режим °С для діапазону розмірів, мм		Д о 6	П о н а д 6	П о н а д 0	П о н а д 1	П о н а д 3	П о н а д 5	П о н а д 8	П о н а д 1	П о н а д 1	П о н а д 2	П о н а д 3	П о н а д 4	
					К	Р	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
20	Головки вимірювальні пружинні *мікрокатори з ціною поділки 0,01 мм і межею вимірювання 0,30 мм	а	0,1	Шт ати ви *	3	-	5	2	1	2 5	2 5	3 0	3 0	3 0	3 5	4 5	4 5	5 5	7 5	8 5	1 0
		б	0,0 6	Те ж	2	-	2	1	0, 5	1 5	1 5	1 5	1 6	1 5	2	2	2	3	4	4	5
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,1	>>	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
		г	0,0 6	>>	-	-	-	-	-	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	2	2
	Головки вимірювальні пружинні *мікрокатори з ціною поділки 0,005 мм і межею вимірювання 0,15 мм	а	0,0 5	>>	2	-	2	1	0, 5	1 2	1 2	1 5	1 5	1 5	2	2	2	3	4	4	5
		б	0,0 3	>>	1	-	2	0 5	0, 2	0 7	0 7	0 8	0 9	0 8	1	1 2	1 2	1 5	2	2	3
21	Те ж (з нормальним зусиллям) при вимірюванні биття	в	0,0 5	>>	-	-	-	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 2	1 8	2 4	2 6
		г	0,0 3	>>	-	-	-	-	-	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 9	0 3	1 6	1 8	1
		д	0,0 3	Сті йк и* *	-	-	-	-	-	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	-	-	-	-

Продовження таблиці 1.1.11

	Те ж (зі зменшеним вимірвальним зусиллям) при вимірюванні биття	е	0,0 5	Штати ви *	-	-	-	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
		ж	0,0 3	Те ж	-	-	-	-	-	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	0 8	1 2	1 3
22	Головки вимірвальні пружинні (мікрокатори) з ціною поділки 0,002 мм і межею вимірювання 0,060 мм	а	0,0 25	>>	-	3	2	0 5	0,2	0 7	0 7	0 8	0 9	0 8	0 9	1 1	1 0	1 1	1 8	2 5	2 8
		б	0,0 15	Стійк и* *	-	3	2	0 5	0,2	0 4	0 5	0 6	0 7	0 6	0 7	0 8	0 7	-	-	-	-
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,0 25	Штати ви *	-	-	-	-	-	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 8	0 8	0 8	1 6	2 2	2 5
		г	0,0 15	Штати ви *	-	-	-	-	-	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 5	0 5	0 5	1 5	1 5	1 7
		д	0,0 15	Стійк и* *	-	-	-	-	-	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	-	-	-	-
23	Головки вимірвальні пружинні малогабаритні (мікрокатори) зі зменшеним вимірвальним зусиллям з ціною поділки 0,0005 мм і межею вимірювання 0,025 мм	а	0,0 25	Штати ви *	-	3	2	0 5	0,2	0 6	0 7	0 7	0 8	0 8	1 0	1 0	1 0	1 0	1 5	2 0	2 2
	Те ж при вимірюванні биття	б	0,0 25	Те ж	-	-	-	-	-	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 7	0 7	0 7	1 2	1 5	1 7
		в	0,0 15	>>	-	-	-	-	-	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 7	0 9	1 0

Закінчення таблиці 1.1.11

24	Головки вимірювальні пружинні малогабаритні (мікрокатори) з ціною поділки 0,0002 мм і межею вимірювання 0,01 мм	a	0,0 1	>>	-	2	1	0 5	0, 2	0 4 5	0 5 0	0 5 0	0 6 0	0 6 0	0 7 0	1 0	1 0	1 0			
		б	0,0 06	>>	-	2	1	0 5	0, 2	0 3 0	0 3 5	0 4 0	0 5 5	0 5 6	0 8 7	0 7 7					
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,0 1	>>	-	-	-	-	-	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 4	0 6 0	0 6 0	0 6 0	-	-	-
		г	0,0 06	>>	-	-	-	-	-	0 2 5	0 2 5	0 2 5	0 2 5	0 2 5	0 2 5	0 3 5	0 3 5	0 3 5	-	-	-
		д	0,0 06	Сті йк и* *	-	-	-	-	-	0 1 5	0 1 5	0 1 5	0 1 5	0 1 5	0 1 5	0 1 5	0 1 5	-	-	-	-

* До 250мм – штативи з діаметром колонки не менш 30 мм і найбільшим вильотом головки до 200 мм; понад 250 до 500мм – штативи з діаметром колонки не менш 50 мм і найбільшим вильотом головки до 500 мм.

** Стійки з межею вимірювань 0–160 мм і 0–100 мм і діаметром колонки не менше 50 і 30 мм відповідно.

Таблиця 1.1.12 - Граничні похибки вимірювання головками вимірювальними важільно-пружинними (мікрокатори)

Но ме р д ля та бл. 1.1 .29 -1. 1.3 3	Засоби вимірю- вання	В а р і а н т и в и к о н а н н я	Умови вимірювання							Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм						
			Використовуване переміщення вимірювального стрижня, мм	Устано-влювальні вузли	Застосовувані кінцеві міри		Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм			Д о 1 0	П о н а д 1 0 д о 1 8	П о н а д 1 8 д о 0	П о н а д 3 0 д о 0	П о н а д 5 0 д о 0	П о н а д 8 0 д о 2 0	П о н а д 1 1 6 0
					К ла с	Р оз р яд	1 - 3 0	3 - 1 2 0	1 0- 2 6 0							
25	Головки вимірювальні пружинно-оптичні (оптікатори) з ціною поділки 0,001 мм і межею вимірювання 0,25 мм	а	0,100	С 1*	1	-	2	0 ; 5	0,2	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3
		б	0,100	Те ж	1	-	2	0 ; 5	0,2	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,2	1,2
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,100	>>	-	-	-	-	-	0,8 0	0,8 0	0,8 0	0,8 0	0,8 0	0,8 0	0,8 0
		г	0,100	>>	-	-	-	-	-	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0
26	Головки вимірювальні пружинно-оптичні (оптікатори) з ціною поділки 0,0005 мм і межею вимірювання 0,1 мм	а	0,050	>>	-	3	1	0 ; 5	0,2	0,5 0	0,6 0	0,6 0	0,6 0	0,7 0	0,9 0	0,9 0
		б	0,050	>>	-	2	1	0 ; 5	0,1	0,3 5	0,4 0	0,5 0	0,5 0	0,6 0	0,8 0	0,8 0
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,050	>>	-	-	-	-	-	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0
		г	0,050	>>	-	-	-	-	-	0,2 0	0,2 0	0,2 0	0,2 0	0,2 0	0,2 0	0,2 0

Закінчення таблиці 1.1.12

27	Головки вимірювальні пружинно-оптичні (опікатори) з ціною поділки 0,0002 мм і межею вимірювання 0,050 мм	а	0,020	>>	-	2	0,5	0,1	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45
		б	0,020	>>	-	2	0,5	0,1	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,020	>>	-	-	-	-	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
		г	0,020	>>	-	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
28	Головки вимірювальні пружинно-оптичні (опікатори) з ціною поділки 0,0001 мм і межею вимірювання 0,024 мм	а	0,010	>>	-	2	0,5	0,1	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
		б	0,010	>>	-	2	0,5	0,1	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40
	Те ж при вимірюванні биття	в	0,010	>>	-	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		г	0,010	>>	-	-	-	-	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

* С – 1 – стійки з межею вимірювань 0–160 мм, вильотом головки 75 мм і діаметром колонки 70 мм.

Таблиця 1.1.13 - Граничні похибки вимірювання головками вимірювальними пружинно-оптичними (оптікатори)

Номер для табл. 1.1.29–1.1.33	Засоби вимірювання	Варіанти використання	Умови вимірювання		Граничні похибки вимірювання, мкм
	Найменування в разі застосування		Використовувана ціна поділки, мкм	Використовувана межа вимірювання, мкм	
29	Головки вимірювальні важільно-пружинні з ціною розподілу 0,001 (0,002) мм і межею вимірювання 0,040 (0,080) мм при вимірюванні биття. Положення головки горизонтальне, шкалою вгору	а	2	0,080	3
		б	2	0,040	2
		в	1	0,040	1
		г	1	0,020	0,5

Таблиця 1.1.14 - Граничні похибки вимірювання головками вимірювальними пружинно-оптичними (оптікатори)

Номер для табл. 1.1.29–1.1.33	Засоби вимірювання	В а р і а н т и в и к о р и с т а н н я	Умови вимірювання						Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм							
			Використовуване переміщення вимірювального стрижня, мм	Тип наконечника і вид контакту	Застосовувані кінцеві міри		Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм			Д о 1 8	П о н а д 1 8 д о 1 2 0	П о н а д 2 0 0	П о н а д 5 0	П о н а д 1 2 3 5	П о н а д 1 3 4 5 0	П о н а д 1 4 5 0 0
	К л а с				Р о з р я д	1 - 3 0	3 0 - 1 2 0	1 2 0 - 2 6 0								
30	Оптиметр вертикальний, оптиметр горизонтальний, машина вимірювальна з ціною поділки 0,001 мм і межею вимірювання за шкалою 0,1 мм при відносному методі вимірювання	а	0,1	При будь-якому вигляді контакту	0	-	1	0 5	0 2	1	1	1	1 5	1 5	2	2
		б	0,6	Сферичний і ножеподібний при будь-якому вигляді контакту, плоский при площинному і лінійчастому контакті	-	2	1	0 5	0 1	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 9	1 0

Таблиця 1.1.15 - Граничні похибки вимірювання на мікроскопах інструментальних

Номер для табл. 1.1.29– 1.1.33	Засоби вимірювання	Температурний режим °C	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм				
	Найменування в разі застосування		До 18	Понад 18 до 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 120	Понад 120 до 150
31	Мікроскопи інструментальні (велика і мала модель)	5	4	5	6	9	11

Примітка. Межі виміру мікроскопів інструментальних: малої моделі до 75х25 мм; великої моделі до 150х50мм.

Таблиця 1.1.16 - Граничні похибки вимірювання на мікроскопах вимірювальних універсальних

32				Номер для табл. 1.1.29–1.1.33			Засоби вимірювання	
Мікроскопи вимірювальні універсальні				Варіанти використання			Умови вимірювання	
в	с	Плоска		Проекційний	Проекційний	Метод вимірювання	Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм
5	5	5		3,0	До 30	Понад 30	До 3	
2	2	2		3,0	До 3	Понад 30	Понад 3 до 6	
2,5	6,0	3,0		3,5	До 3	Понад 3 до 6	Понад 6 до 10	
3,0	6,0	3,5		4,0	До 3	Понад 3 до 6	Понад 10 до 18	
3,0	6,5	4,0		4,5	До 3	Понад 3 до 6	Понад 18 до 30	
3,5	6,5	4,5		5,5	До 3	Понад 3 до 6	Понад 30 до 50	
4,0	7,0	5,5		7,0	До 3	Понад 3 до 6	Понад 50 до 80	
5,0	8,0	7,0		9,0	До 3	Понад 3 до 6	Понад 80 до 120	
‘	‘	9,0		12	До 3	Понад 3 до 6	Понад 120 до 180	
‘	‘	12		16	До 3	Понад 3 до 6	Понад 180 до 250	
‘	‘	16		20	До 3	Понад 3 до 6	Понад 250 до 315	
‘	‘	20		25	До 3	Понад 3 до 6	Понад 315 до 400	
‘	‘	25			До 3	Понад 3 до 6	Понад 400 до 500	

Примітка. Межі виміру універсальних вимірювальних мікроскопів 200х100 і 500х200мм

Таблиця 1.1.17 - Граничні похибки вимірювання на вимірювальних машинах

Номер для табл. 1.1.29-1.1.33	Засоби вимірювання	Варіанти використання	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм									
	Найменування		До 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 120	Понад 120 до 180	Понад 180 до 250	Понад 250 до 315	Понад 315 до 400	Понад 400 до 500
33	Машина вимірювальна при абсолютних вимірах	а	1	1,2	1,3	1,5	2	3	3,5	4	5	6
	Те ж при відносних вимірах	б	См. п. 30									

Примітка. Температурний режим при вимірюванні розмірів до 100мм $1 \pm C$, св. 100мм $0,5 \pm C$

Таблиця 1.1.18 - Граничні похибки вимірювання на довжиномірах

Номер для табл. 1.1.29-1.1.33	Засоби вимірювання	Варіанти використання	Умови вимірювання			Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм										
	Найменування		Клас застосування кінцевих мір	Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм			До 3	Понад 3 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 120	Понад 120 до 180	Понад 180 до 315	Понад 315 до 500	
				До 30	30-120	Понад 120 до 500										
34	<u>Довжиноміри</u> горизонтальний і вертикальні: при абсолютних вимірах при відносних вимірах	а	•	5	2	•	1,2	1,3	1,6	2	2,5	3	•	•	•	
		б	1	2	0,5	0,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	

Таблиця 1.1.19 - Граничні похибки вимірювання на проекторах

Номер для табл. 1.1.29-1.1.33	Засоби вимірювання	Варіанти використання	Збільшення	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм		
				До 6	Понад 6 до 18	Понад 18 до 100
35	Проектори вимірювальні	а	10х	15	15	16
		б	20х	8	10	10
		в	50х, 100х, 200х	6	6	7

Примітки:

1. Межі виміру проекторів 40х25мм, великих проекторів 100х50мм.

2. Температурні умови вимірювання:

годинні проектори – допустиме відхилення температури від $20 \pm 3 \pm C$;

великі проектори – допустиме відхилення температури від $20 \pm 1 \pm C$;

допустиме відхилення температури в процесі вимірювання $1 \pm C$.

Таблиця 1.1.20 - Граничні похибки вимірювання приладами, які показують з індуктивними перетворювачами

Засоби вимірювання	Варіанти використання	Умови вимірювання				Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		Використовувані класи	Розряд	Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм		Використовувана ціна поділки, мкм																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
а б в г	Штативи *			2	2,0		1,0	0,5	Понад 120 до 200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		д е ж з	Штативи *			1				2,0	0,5	Понад 30 до 50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
и к л м	Штативи **			3	1,0		0,2	0,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		н о п	Штативи **			2			0,5	0,1	0,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
р с т у ф	Штативи *			2,0	1,1		0,5	1,1				1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

* Див. виноску (*) до табл. 1.16.11.
 ** Див. виноску (**) до табл. 1.16.11.

Таблиця 1.1.21 - Граничні похибки вимірювання штангенглибиноміром

Номер для табл. 1.1.32 і 1.1.34	Засіб вимірювання	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм	
	Найменування	Понад 1 до 50	Понад 50 до 400
37	Штангенглибиноміри з відліком по ноніусу 0,05 мм	100	150

Таблиця 1.1.22 - Граничні похибки вимірювання глибиноміром мікрометричним

Номер для табл. 1.1.32 і 1.1.34	Засоби вимірювання	Варіанти використання	Температурний режим °С	Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм					
	Найменування в разі застосування			До 25	Понад 25 до 50	Понад 50 до 75	Понад 75 до 100	Понад 100 до 125	Понад 125 до 150
38	Глибиноміри мікрометричні за абсолютним методом вимірювання	а	5	6	20	20	20	20	25
	Глибиноміри мікрометричні за відносним методом вимірювання з налаштуванням по настановним заходам	б	5	-	6	7	8	10	11

Таблиця 1.1.23 - Граничні похибки вимірювання глибиноміром індикаторним

Но мер для таб л. 1.1. 32 і 1.1. 34	Засоби вимірювання	Ва ріа нт и в ик ор ист ан ня	Умови вимірювання				Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм					
	Найменування в разі застосування		Викорис товуван е перемі щення вимірюв ального стрижня , мм	Клас заст осов уван их кінц евих мір	Температур ний режим ° С для діапазону розмірів, мм		Д о 10	Пон ад 10 до 18	Пон ад 18 до 50	Пон ад 50 до 80	Пон ад 80 до 120	Пон ад 120 до 150
					До 30	Пон ад 30						
39	Глибиноміри індикаторні за відносним методом вимірювання з налаштуванням по настановній мірою	а	10	-	5	5	15	15	15	15	20	20
	Те ж, з налаштуванням по блоках кінцевих мір довжини	б в	0,1 0,02-0,03	4 3	5 5	5 2	6 4	7 5	7 5	9 5	10 6	15 9
40	Глибиноміри індикаторні при заміні відлікового пристрою вимірювальною головкою із ціною розподілу 0,001 мм і відносному методі вимірювання з налаштуванням по блоках кінцевих мір довжини	а	0,002- 0,003	2	2	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2
	Те ж, при чотирикратному вимірюванні з перебиранням блоку при кожному вимірюванні	б	0,002- 0,003	2	2	1	0,5	0,5	1,0	1,5	-	-

Таблиця 1.1.24 - Граничні похибки вимірювання внутрішніх розмірів накладними приладами

Но мер для табл - 1.1.3 2 і 1.1.3 4	Засоби вимірювання	Вар іант и в ико рис тан ня	Умови вимірювання					Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм				
	Найменування в разі застосування		Викор истову ване перемі щення вимірю вально го стрижн я, мм	Засіб установ ки	Шор сткіс ть пове рхні отво рів Ra, мкм	Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм		П о н ад 3 до 18	П о н ад 18 до 50	П о н ад 50 до 120	П о на д 120 до 250	П о н ад 250 до 500
						3–120	120– 500					
1	Лінійки вимірювальні металеві	-	-	-	-	-	-	500				
2	Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,1 мм	-	-	-	5	7		20 0	20 0	25 0	30 0	30 0
3	Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,05 мм	-	-	-	5	7		15 0	15 0	20 0	20 0	25 0
4	Нутроміри мікрометричні з величиною відліку 0,01мм	а	13	Мікропа ра встановл юється за настанов ної мірою	5	5	3	-	-	15	20	30
		б		Атестует ься розмір зібраног о Нутро міри				-	-	10	15	20
5	Нутроміри індикаторні з ціною розподілу відліковою пристрою 0,01 мм	а	Весь хід	Кінцеві міри довжини 3-го класу з боковика ми або мікромет ри-2	5	5	3	15	20	25	25	30
		б	0,1		1,25			10	10	15	15	20
		в	0,03	Кінцеві міри довжини 1-го класу з боковика ми або настанов ного кільця (до 160 мм)	0,32	3	2	5	5	10	10 3	-

Закінчення таблиці 1.1.24

6	Нутроміри індикаторні при заміні відлікового пристрою вимірювальною головкою із ціною розподілу 0,001 або 0,002 мм 1, 4	a	0,1	Кінцеві міри довжини 1-го класу або настановні кільця (до 160 мм)	1,25	3	2	4, 5	5, 5	6, 5	7, 5 ³	11 4
		б	0,03		0,32			2, 8	3, 5	4, 5	6, 5	9 ⁴
7	Нутроміри підвищеної точності з ціною поділки відлікового пристрою 0,001 або 0,002 мм	a	0,1	Кінцеві міри довжини 1-го класу з боковиками або настановні кільця	1,25	3	-	3, 5	5	-	-	-
		б	0,01	Кінцеві міри довжини 1-го класу з боковиками	0,32			2	3, 5	-	-	-
		в	0,01	Установлювальні кільця	0,32			1, 5	2, 5	-	-	-

Таблиця 1.1.25 - Граничні похибки вимірювання внутрішніх розмірів на оптиметрах, довжиномірах і вимірювальних машинах

Н о м е р д л я т а б л. 1. 1. 3 2 і 1. 1. 3 4	Засіб вимірювання	В а р і а н т и в и к о н а н н я	Умови вимірювання				Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм				
			Викорис товуван е перемі щення вимірюв ального стрижня , мм	Засіб установки	Шор сткіс ть пове рхні отво рів Ra, мкм	Темпе ратур ний режим , °C	По на д 1 3 д о 1 8	По на д 18 до 50	По на д 50 до 120	По на д 1 20 до 25 0	П о н а д 2 5 0 до 5 0 0
8	Оптиметри і довжиноміри горизонтальні, вимірювальні машини з ціною поділки оптичного приладу 0,001	а б	0,05	Кінцеві міри 1- го класу з боковиками, установлюваль ними кільцями 5	1,25	2	1,5	1,5	2,5	5	9
						1	1	1	1,2	2,5	-

Таблиця 1.1.26 - Граничні похибки вимірювання внутрішніх розмірів пневматичними приладами

Н о м е р д л я т а б л и 1 - 1 - 3 1	Засіб вимірювання	Варі ант и вик она ння	Умови вимірювання				Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм				
	Назва у випадку застосування		Діаметральний зазор між пробкою й отвором, мм	Шорсткість поверхні отворів Ra, мкм	Температурний режим °С для діапазону розмірів, мм		П о н а д 3 д о 6	П о н а д 6 о 1 8	П о н а д 8 о 5 0	П о н а д 5 0 1 2 0	
					До 18	Понад 18 до 120					
9	Пневматичні пробки зі звітним приладом з ціною поділки 0,5 мкм із налаштуванням по установлювальних кільцях 5	а	0,04-0,06	1,25	2	2	4	4	4,5	5	
		б	0,03-0,04				3	3	3,5	4	
		в	0,02-0,03				2,5	2,5	2,5	3	
		г	0,02-0,03	0,32			2	2	2,5	3	
		д	0,01-0,02							1,5	1,5
10	Те ж при ціні поділки приладу 0,2 мкм		0,01-0,02	0,32	0,5	0,2	0,8	0,5	0,5	0,8	

Таблиця 1.1.27 - Граничні похибки вимірювання внутрішніх розмірів на станкових приладах

Н о м е р д л я т а б л - 1 - 1 - 3 1	Засіб вимірювання	Температурний режим °С для діапазону вимірювальних розмірів, мм		Граничні похибки вимірювання мкм для діапазону розмірів, мм			
	Назва у випадку застосування	1-50	50-250	Д о 1 8	Пон ад 18 до 50	Пон ад 50 до 120	Пон ад 120 до 250
11	Мікроскопи інструментальні (велика і мала модель) ^{6,7}	5	5	7	10	10	10
12	Мікроскопи універсальні вимірювальні при використанні штрихової колонки 6,7	3	2	5	6	7	7
13	Прилади з електронним індикатором контакту 8 при налаштуванні по кінцевих мірах 0-го класу	2	1	0,3	0,3	0,5	0,5
14	Прилади з електронним індикатором контакту для вимірювання діаметра малих отворів 8 при налаштуванні по кінцевих мірах 0-го класу	2	-	0,5	-	-	-

¹ Штангенциркулі мають нижню межу вимірювання 10мм, нутроміри індикаторні – 6 мм.

² При використанні для установки на розмір кінцевих мір замість мікрометрів гранична похибка зменшується на 2–3 мкм.

³ При використанні установлювальних кілець діаметром 120–250 мм гранична похибка зменшується на 2–3 мкм.

⁴ Для діапазону 250–500 мм гранична похибка вказана тільки при використанні кінцевих мір довжини.

⁵ Гранична похибка вимірювання вказівки для позицій 8, 9, 10 може бути забезпечена тільки при застосуванні установлювальних кілець, атестація з похибкою, не більшою вказаної в таблиці

Діаметр установлювальних кілець	Допустима похибка атестації, мкм, для позицій	
	8 і 9	10
Від 3 до 6	0,5	0,3
Понад 6 до 18	0,4	0,2
Понад 18 до 50	0,5	0,2
>> 60 >> 120	0,8	0,3
>> 120 >> 250	1,5	-

⁶ Похибки мікроскопів вказані при вимірюванні наскрізних отворів і глухих отворів з гострою торцевою кромкою.

⁷ Межі виміру інструментальних мікроскопів великої моделі – до 150 мм, малої моделі – до 75 мм, універсальних мікроскопів – до 200мм.

⁸ Межі вимірювання приладу з електронним індикатором контакту від 4 до 200 мм; те ж для малих отворів – від 1 до 4 мкм.

Таблиця 1.1.28 - Граничні похибки блоків кінцевих мір

Діапазон розмірів, мм	Склад блока	Граничні похибки блоків кінцевих мір, мкм											
		Розряд кінцевих мір					Клас кінцевих мір						
		1	2	3	4	5	00	0	1	2	3	4	5
1–10	Дві міри до 10мм	0,20	0,20	0,25	0,40	0,90	0,20	0,25	0,30	0,50	1,20	2,90	5,5
10–30	Одна міра 10–25 мм, дві міри до 10 мм	0,30	0,30	0,35	0,50	1,10	0,30	0,35	0,50	0,80	1,70	3,80	7,5
30–50	Одна міра 25–50 мм, дві міри до 10 мм	0,30	0,30	0,35	0,50	1,20	0,30	0,35	0,50	0,90	2,00	4,20	8,5
50–80	Одна міра 50–75 мм, дві міри до 10 мм	0,30	0,35	0,40	0,60	1,30	0,35	0,45	0,60	1,10	2,30	5,00	10,0
80–120	Одна міра 100 мм, одна міра 10 мм, дві міри до 10 мм	0,40	0,45	0,50	0,70	1,50	0,45	0,55	0,80	1,30	2,90	6,00	12,0
120–180	Одна міра 100 мм, одна міра 50–75 мм, дві міри до 10 мм	0,45	0,45	0,55	0,80	1,70	0,50	0,60	0,90	1,60	3,50	7,00	14,0

Таблиця 1.1.29 - Вибір станкових засобів вимірювання зовнішніх розмірів

Номинальні розміри, мм	Квалітет											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.16											
До 3	0,4/1,2	0,8/2	1/3	1,4/4	1,8/6	3/10	3/14	6/25	8/40	12/60	20/100	30/140
	176, 18а, 19а, 226, 246, 266, 27а, 28а, 306, 36з	106, 16ф, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 256, 26а, 306, 36а	106, 156, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 25а, 26а, 30а, 33а, 36в	96, 106, 156, 16а, 21а, 22а, 25а, 30а, 33а, 34а, 366	96, 106, 15а, 206, 21а, 22а, 30а, 33а, 34а, 366	9а, 10а, 11в, 12а, 15а, 20а, 32а, 36а	9а, 10а, 11в, 12а, 146, 15а, 20а, 32а, 36а	7д, и, 9а, 11а, 12а, 13а, 326, 356	7г, з, 11а, 13а, 326, 356	76, е, 13а, 356	7а, е, 35а	7а, 35а
Понад 3 >> 6	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	1,6/5	2/8	3/12	4/18	8/30	10/48	16/75	30/120	40/180
	106, 166, 17а, 18а, 19а, 226, 23а, 24а, 256, 26а, 27а, 306, 36г, к	106, 156, 166, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 256, 26а, 30а, 33а, 36в	96, 106, 156, 16а, 21а, 22а, 23а, 25а, 30а, 33а, 34а, 366	96, 106, 15а, 206, 21а, 25а, 30а, 33а, 34а, 366	96, 10а, 126, 15а, 206, 21а, 306, 33а, 34а, 366	9а, 10а, 11в, 12а, 146, 15а, 20а, 32а, 36а	7к, 9а, 10а, 11в, 12а, 136, 146, 20а, 31, 32 а, в, 36а	7г, з, 11а, 14а, 31, 326, 356	7в, ж, 11а, 13а, 14а, 326, 356	7а, е, 35а	7а, 35а	-
>>6 >>10	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	2/6	2/9	4/15	5/22	9/36	12/58	18/90	30/150	50/220
	106, 166, 17а, 18а, 19а, 226, 24а, 256, 26а, 27а, 306, 36г, к	106, 156, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 25а, 26а, 30а, 33а, 36в	96, 106, 156, 16а, 21а, 22а, 23а, 25а, 30а, 33а, 34а, 366	96, 10а, 15а, 206, 21а, 30а, 33а, 34а, 366	96, 10а, 15а, 206, 21а, 30а, 33а, 34а, 366	7к, 9а, 10а, 11в, 12а, 136, 146, 20а, 31, 32а, в, 36а	7д, 9а, 11а, 12а, 136, 14а, 20а, 31, 32а, в, 36а	7г, з, 11а, 13а, 14а, 326	76, е, 13а, 356	7а, 35а	7а, 35а	-
>>10 >>18	0,8/2	1,2/3	1,6/5	2,8/8	3/11	5/18	7/27	10/43	14/70	30/110	40/180	60/270
	106, 166, 17а, 18а, 216, 22а, 23а, 24а, 256, 26а, 27а, 306, 36ж	106, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 256, 30а, 33а, 36в, е	96, 106, 15а, 16а, 206, 21а, 25а, 30а, 33а, 34а, 366	96, 10а, 15а, 206, 21а, 34а, 366	96, 10а, 12а, 146, 15а, 20а, 21а, 32в, 34а, 36а	7д, 9а, 116, 12а, 136, 14а, 20а, 31, 32а, в, 36а	7д, и, 9а, 11а, 13а, 14а, 31, 32а, 6, 35в	7в, ж, 11а, 13а, 14а, 326, 356	76, е, 13а, 356	7а, 35а	-	-

Продовження таблиці 1.1.29

>>18 >>30	1/2,5	1,4/4	2/6	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52	18/84	30/130	50/210	70/330
	106, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 25а, 26а, 30а, 36г, ж	106, 16а, 216, 22а, 23а, 30а, 33а, 36в, е	96, 10а, 15а,16 а, 206, 21а, 25а, 30а, 33а, 34а, 36б	96, 10а, 12а, 14б, 15а, 20а, 21а, 32в, 34а, 36а	7к, 9а, 10а, 11в, 12а, 14б, 20а, 32а, в, 34а, 36а	7д, 9а, 11а, 12а, 13б, 14а, 20а, 31, 32а, в	7г, 11а, 13а, 14а, 31, 32а, б, 35в	7в, е, 11а, 13а, 32б, 35б	7а, 35а	-	-	-
>>30 >>50	1/2,5	1,4/4	2,4/7	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62	20/100	40/160	50/250	80/390
	106, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 25а, 26а, 30а, 36ж	106, 16а, 216, 22а, 23а, 25а, 30а, 33а, 36в, е	96, 10а, 15а, 20б, 21а, 33а, 34а, 36б, д	7к, 9а, 10а, 11в, 12а, 14б, 15а, 20а, 31, 32в, 34а, 36а	7д, 9а, 11б, 12а, 13б, 14б, 20а, 31, 32а, в, 36а	7д, и, 9а, 11а, 13а, 14а, 31, 32а, б, 35в	7в, 11а, 13а, 14а, 31, 32б, 35б	7а, 35а	7а, 35а	-	-	-
Понад 50 до 80	1,2/3	1,8/5	2,8/8	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74	30/120	40/190	60/300	100/460
	106, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 25а, 26а, 30а, 36ж, и	96, 10б, 15б, 16а, 21б, 22а, 25а, 30а, 33а, 34б, 36б	9б, 10а, 12б, 15а, 20б, 21а, 33а, 34а, 36б	9а, 10а, 11в, 12а, 14б, 15а, 20а, 21а, 32а, 34а, 36в	7к, 9а, 11б, 12а, 13б, 14б, 20а, 21а, 32в, 34а, 36а	7г, 11а, 13а, 14а, 31, 32а, б, 35в	7в, ж, 11а, 13а, 14а, 31, 32б, 35б	7а, 35а	7а, 35а	-	-	-
Понад 80 до 120	1,6/4	2/6	3/10	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87	30/140	50/220	70/350	120/540
	106, 16а, 17а, 216, 22а, 23а, 24а, 25а, 26а, 30а, 34б, 36е	106, 15б, 20б, 21а, 22а, 23а, 24а, 25а, 30а, 33а, 34б, 36б	9б, 10а, 12б, 15а, 20б, 21а, 33а, 34а*, б, 36а	7к, 9а, 10а, 11в, 12а, 14б, 15а, 20а, 32в*, 34а*, 36а	7д, 9в, 11б, 12а, 13б, 14б, 20а, 32в*, 34а*, 36а	7г, з, 11а, 13а, 14а, 31, 32а, 6*, в*, 35б*	7в, ж, 11а, 13а, 14а, 31, 32а, 6*, 35б*	7а, 11а, 13а, 35а*	7а, 35а*	-	-	-

Закінчення таблиці 1.1.29

Понад 120 до 180	2/5	2,8/8	4/12	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100	40/160	50/250	80/400	140/630
	106*, 156*, 16а*, 206, 21а, 22а, 23а, 24а, 25а*, 30а, 346, 366	96*, 10а, 15а*, 206, 21а, 346, 366, д	96*, 10а, 11в*, 12а, 136*, 146*, 206, 21а, 33а, 36а	7д, 9а, 11в*, 12а, 136*, 146*, 20а, 33а, 36а	7д, и, 9а, 116, 136*, 146*, 20а	7в, ж, 11а, 13а*, 14а*, 31*, 32а	7в, е, 11а, 13а*, 14а*, 31*, 32а	7а	7а	-	-	-
Понад 180 до 250	2,8/7	4/10	5/14	7/20	8/29	12/46	18/72	30/115	40/185	60/290	100/460	160/720
	10а, 22а, 23а, 24а, 30а, 346, 36в, е	10а, 12а, 206, 21а, 33а, 346, 366	10а, 12а, 206, 21а, 33а, 36а	7д, 9а, 12а, 20а, 33а, 36а	7д, и, 9а, 116, 12а, 20а	7г, з, 9а, 11а, 32а	7в, е, 11а, 32а	7а	7а	-	-	-
Понад 250 до 315	3/8	4/12	5/16	8/23	10/32	14/52	20/81	30/130	50/210	70/320	120/520	180/810
	216, 22а, 23а, 30а, 346	206, 21а, 33а, 346, 36а	206, 21а, 33а, 36а	7к, 20а, 21а, 33а, 36а	7г, 20а	7г, з, 20а	7в, е, 32а	7в, е, 32а	7а	-	-	-
Понад 315 до 400	3/9	5/13	6/18	9/25	10/36	16/57	24/89	40/140	50/230	80/360	120/570	180/890
	21а, 22а, 23а, 30а, 346	206, 21а, 33а, 346, 36а	206, 21а, 33а, 36а	7д, 20а, 21а, 33а	7д, и, 20а, 33а	7г, з, 20а	7в, е, 32а	7а, 32а	7а	-	-	-
Понад 400 до 500	4/10	5/15	6/20	9/27	12/40	18/63	26/97	40/155	50/250	80/400	140/630	200/970
	216, 22а, 23а, 30а, 346	206, 216, 346, 36а	206, 21а, 33а, 36а	206, 21а, 33а, 36а	7г, 20а, 33а	7г, з, 20а	7в, е, 32а	7в, е, 32а	7а, 32а	-	-	-

* Вимірювальний засіб неповністю забезпечує діапазон номінальних розмірів (див. табл. 1.16).

Таблиця 1.1.30 - Вибір накладних засобів вимірювань зовнішніх розмірів

Номинальні розміри, мм	Квалітет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1																
До 3	0 , 4 / / 1 / 2	0 , 8 / / 2	1 / / 3	1 , 4 / / 4	1 , 8 / / 6	3 / / 1 0	3 / / 1 4	6 / / 2 5	8 / / 4 0	1 2 / / 6 0	2 0 / / 1 0 0	3 0 / / 1 4 0	5 0 / / 2 5 0	8 0 / / 4 0 0	1 2 0 / / 6 0 0	2 0 / / 1 0 0 0	
	-	6 г	6 г	6 г	6 г	6 в	6 в	4 а , 5 в , 6 а	4 а , 5 в , 6 а	4 а , 5 а	4 а , 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	
Понад 3 >> 6	0 , 6 / / 1 / 5	1 / / 2 / 5	1 , 4 / / 4	1 , 6 / / 5	2 / / 8	3 / / 1 2	4 / / 1 8	8 / / 3 0	1 0 / / 4 8	1 6 / / 7 5	3 0 / / 1 2 0	4 0 / / 1 8 0	6 0 / / 3 0 0	1 0 / / 4 8 0	1 6 0 / / 7 5 0	2 4 0 / / 1 2 0 0	
	6 г	6 г	6 г	6 г	6 в	6 в	6 в	4 а , 5 в , 6 а	4 а , 5 а	4 а , 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	
>>6 >>10	0 , 6 / / 1 / 5	1 / / 2 / 5	1 , 4 / / 4	2 / / 6	2 / / 9	4 / / 1 5	5 / / 2 2	9 / / 3 6	1 2 / / 5 8	1 8 / / 9 0	3 0 / / 1 5 0	5 0 / / 2 2 0	8 0 / / 3 6 0	1 2 0 / / 5 8 0	2 0 / / 9 0 0	3 0 / / 1 5 0 0	
	6 г	6 г	6 г	6 в	6 в	6 а	4 а , 5 г, 6 а	4 а , 5 в	4 а , 5 а	4 а , 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	
>>10 >>18	0 , 8 / / 2	1 , 2 / / 3	1 , 6 / / 5	2 , 8 / / 8	3 / / 1 1	5 / / 1 8	7 / / 2 7	1 0 / / 4 3	1 4 / / 7 0	3 0 / / 1 1 0	4 0 / / 1 8 0	6 0 / / 2 7 0	9 0 / / 4 3 0	1 4 0 / / 7 0 0	2 4 0 / / 1 1 0 0	3 8 0 / / 1 8 0 0	
	6 г	6 г	6 г	6 в	6 в	4 а , 5 г, 6 а	4 а , 5 в , 6 а	4 а , 5 6	4 а , 5 а	4 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	
>>18 >>30	1 / / 2 / 5	1 , 4 / / 4	2 / / 6	3 / / 9	4 / / 1 3	6 / / 2 1	8 / / 3 3	1 2 / / 5 2	1 8 / / 8 4	3 0 / / 1 3 0	5 0 / / 2 1 0	7 0 / / 3 3 0	1 2 0 / / 5 2 0	1 8 0 / / 8 4 0	2 8 0 / / 3 0 0	4 4 0 / / 2 1 0 0	
	6 г	6 г	6 в *, г	6 в	6 а *, в	4 а *, в , 5 г, 6 а *, 6	4 а *, 6 , 5 в , 6 а	4 а , 5 6 а	4 а , 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	2	

Продовження таблиці 1.1.30

Номинальні розміри, мм	Квалітет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допустима похибка мм / допуск, мм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1																
>>30 >>50	1 / 2 / 5	1 / 4 / 4	2 / 4 / 7	4 / 1 / 1	5 / 1 / 6	7 / 2 / 5	1 0 / 3 / 9	1 6 / 6 / 2	2 0 / 1 / 0	4 0 / 1 / 6	5 0 / 2 / 5	8 0 / 3 / 9	1 4 0 / 2 / 6	2 0 / 1 / 0	3 2 0 / 1 / 0	5 0 / 2 / 5	
	6 г	6 г	6 г	6 в	4 6 / 5 г, 6 6	4 6 / 5 в / 6 а	4 а / 5 6 / 6 а	4 а / 5 а	4 а / 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	1 / 2	
>>50 >>80	1 / 2 / 3	1 / 8 / 5	2 / 8 / 8	4 / 1 / 3	5 / 1 / 9	9 / 3 / 0	1 2 / 4 / 6	1 8 / 7 / 4	3 0 / 1 / 2	4 0 / 1 / 9	6 0 / 3 / 0	1 0 / 4 / 6	1 6 0 / 7 / 4	2 4 0 / 1 / 2	4 0 / 1 / 9	6 0 / 3 / 0	
	6 г	6 г	6 г	6 в	4 6 / 5 г, 6 6	4 6 / 5 в / 6 а	4 а / 5 6 / 6 а	4 а / 5 а / 6 а	4 а / 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	1 / 2	
>>80 >>120	1 / 6 / 4	2 / 6	3 / 1 / 0	5 / 1 / 5	6 / 2 / 2	1 0 / 3 / 5	1 2 / 5 / 4	2 0 / 8 / 7	3 0 / 1 / 4	5 0 / 2 / 2	7 0 / 3 / 5	1 2 0 / 5 / 4	1 8 0 / 8 / 7	2 8 0 / 1 / 4	4 0 / 2 / 5	7 0 / 3 / 0	
	6 г	6 г	6 г	6 в	4 6 / 5 г, 6 6	4 6 / 5 в / 6 а	4 а / 5 6 / 6 а	4 а / 5 а / 6 а	4 а / 5 а	4 а	4 а	4 а	3	2	2	1 / 2	
>>120 >>180	2 / 5	2 / 8 / 8	4 / 1 / 2	6 / 1 / 8	7 / 2 / 5	1 2 / 4 / 0	1 6 / 6 / 3	3 0 / 1 / 0	4 0 / 1 / 6	5 0 / 2 / 5	8 0 / 4 / 0	1 4 0 / 6 / 3	2 0 / 1 / 0	3 2 0 / 1 / 6	5 0 / 2 / 5	8 0 / 4 / 0	
	6 г	6 г	6 в	5 г, 6 в	5 в / 6 6	4 6 / 5 6 / 6 а	4 а / 5 6 / 6 а	4 а / 5 а / 6 а	4 а / 5 а	4 а	4 а	3 / 4 а	2 / 4 а	2 / 4 а	1 / 2 / 4 а	1 / 2 / 4 а	
>>180 >>250	2 / 8 / 7	4 / 1 / 0	5 / 1 / 4	7 / 2 / 0	8 / 2 / 9	1 2 / 4 / 6	1 8 / 7 / 2	3 0 / 1 / 5	4 0 / 1 / 8	6 0 / 2 / 9	1 0 / 4 / 6	1 6 0 / 7 / 2	2 4 0 / 1 / 5	3 8 0 / 1 / 8	6 0 / 2 / 9	1 0 / 4 / 6	
	6 г	6 в	6 в	5 г, 6 6	4 6 / 5 в / 6 6	4 6 / 5 6 / 6 а	4 а / 5 6 / 6 а	4 а / 5 а / 6 а	4 а / 5 а	4 а	3 / 4 а	3 / 4 а	2 / 4 а	2 / 4 а	1 / 2 / 4 а	1 / 2 / 4 а	

Закінчення таблиці 1.1.30

Номінальні розміри, мм	Квалітет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1																
>> 250 >>315	3 / 8	4 / 1 2	5 / 1 6	8 / 2 3	1 0 / 3 2	1 4 / 5 2	2 0 / 8 1	3 0 / 1 3 0	5 0 / 2 1 0	7 0 / 3 2 0	1 2 0 / 5 2 0	1 8 0 / 8 1 0	2 6 0 / 1 3 0 0	4 4 0 / 2 1 0 0	7 0 / 3 2 0 0	1 1 0 / 5 2 0 0	
	6 г	6 г	6 в *, г	6 б	4 б , 5 в , 6 б	4 б , 5 в , 6 б	4 в, 5 б *, в, 6 б	4 а , 5 а , 6 а	4 а , 5 а , 6 а	4 а , 5 а	4 а	4 а	2 , 4 а	2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	
>>315 >>400	3 / 9	5 / 1 3	6 / 1 8	9 / 2 5	1 0 / 3 6	1 6 / 5 7	2 4 / 8 9	4 0 / 1 4 0	5 0 / 2 3 0	8 0 / 3 6 0	1 2 0 / 5 7 0	1 8 0 / 8 9 0	2 8 0 / 1 4 0 0	4 6 0 / 2 3 0 0	8 0 / 3 6 0 0	1 2 0 / 5 7 0 0	
	6 г	6 г	6 в	6 б	4 б , 5 в , 6 б	4 б , 5 в , 6 б	4 б , 5 б , 6 б	4 а , 5 б , 6 а	4 а , 5 а , 6 а	4 а , 5 а , 6 а	4 а	4 а	2 , 4 а	2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	
>>400 >>500	4 / 1 0	5 / 1 5	6 / 2 0	9 / 2 7	1 2 / 4 0	1 8 / 6 3	2 6 / 9 7	4 0 / 1 5 5	5 0 / 2 5 0	8 0 / 4 0 0	1 4 0 / 6 3 0	2 0 0 / 9 7 0	3 2 0 / 1 5 5 0	5 0 / 2 5 0 0	8 0 / 4 0 0 0	1 4 0 / 6 3 0 0	
	6 г	6 г	6 г	6 б	4 б , 5 в , 6 б	4 б , 5 в , 6 б	4 б , 5 б , 6 б	4 б , 5 б , 6 а	4 а , 5 а , 6 а	4 а , 5 а , 6 а	4 а	4 а	2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	1 , 2 , 4 а	

* Вимірювальний засіб неповністю забезпечує діапазон номінальних розмірів (див. табл. 1.1.6).

Таблиця 1.1.31 - Вибір засобів вимірювань внутрішніх розмірів

Номинальні розміри, мм	Квалітет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1																
До 3	0, 4/ 1, 2	0, 8/ 2	1/ 3	1, 4/ 4	1, 8/ 6	3/ 1 0	3/ 1 4	6/ 2 5	8/ 4 0	1 2/ 6 0	20 /1 00	30 /1 40	50/ 250	80/ 400	120 /60 0	200/ 100 0	
	1 4	1 4	1 4	1 4	1 4	1 4	1 4	1 2	1 1, 1 2	1 1	11	11	11	11	11	11	
Понад 3 >> 6	0, 6/ 1, 5	1/ 2, 5	1, 4/ 4	1, 6/ 5	2/ 8	3/ 1 2	4/ 1 8	8/ 3 0	1 0/ 4 8	1 6/ 7 5	30 /1 20	40 /1 80	60/ 300	100 /48 0	160 /75 0	240/ 120 0	
	1 3 *, 1 4 *	1 0, 3 *, 1 4 *	1 0, 3 *, 1 4 *	7 в, 9 д	7 в, 9 г	6 б, 7 б, 9 в	6 б, 7 б, 9 в	6 а, 9 а, 1 1, 1 2	6 а, 9 а, 1 1, 1 2	6 а, 1 1	11	11	11	11	11	11	
>>6 >>10	0, 6/ 1, 5	1/ 2, 5	1, 4/ 4	2/ 6	2/ 9	4/ 1 5	5/ 2 2	9/ 3 6	1 2/ 5 8	1 8/ 9 0	30 /1 50	50 /2 20	80/ 360	120 /58 0	200 /90 0	300/ 150 0	
	1 0, 1 3	1 0, 1 3	1 0, 1 3	7 в, 9 д	7 в, 9 г	6 б, 7 а, 9 а	5 в, 6 а, 7 а, 9 а, 1 1, 1 2	5 в, 6 а, 7 а, 9 а, 1 1, 1 2	5 б, 6 а, 1 1	5 а, 1 1	5а, 11	5а, 11	5а, 11	5а, 11	2,5 а	2,5а	
>>10 >>18	0, 8/ 2	1, 2/ 3	1, 6/ 5	2, 8/ 8	3/ 1 1	5/ 1 8	7/ 2 7	1 0/ 4 3	1 4/ 7 0	3 0/ 1 1 0	40 /1 80	60 /2 70	90/ 430	140 /70 0	240 /11 00	380/ 180 0	
	1 0, 1 3	8 б *, 1 0, 1 3	7 в, 8 а *, 9 д	7 б, 8 а *, 9 в	6 б, 7 б, 8 а *, 9 б	5 в, 6 а, 7 а, 9 а, 1 1, 1 2	5 в, 6 а, 7 а, 9 а, 1 1, 1 2	5 б, 9 а, 1 1, 1 2	5 б, 1 1	5 а, 1 1	5а, 11	5а, 11	5а, 11	5а, 11	2	2	
>>18 >>30	1/ 2, 5	1, 4/ 4	2/ 6	3/ 9	4/ 1 3	6/ 2 1	8/ 3 3	1 2/ 5 2	1 8/ 8 4	3 0/ 1 3 0	50 /2 10	70 /3 30	120 /52 0	180 /84 0	280 /13 00	440/ 210 0	
	1 0, 1 3	8 б, 1 0, 1 3	8 а, 9 д	7 в, 8 а, 9 в	6 б, 7 б, 9 б	5 в, 6 а, 7 а, 9 а, 1 2	5 в, 6 а, 1 2	5 б, 1 1	5 б, 1 1	5 а, 1 1	5а, 11	5а, 11	5а, 11	3	2	2	

Продовження таблиці 1.1.31

Номінальні розміри, мм	Квалітет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1																
>>30 >>50	1/ 2, 5	1, 4/ 4	2, 4/ 7	4/ 1 1	5/ 1 6	7/ 2 5	1 0/ 3 9	1 6/ 6 2	2 0/ 1 0	4 0/ 1 0	50 /2 50	80 /3 90	140 /26 0	200 /10 00	320 /16 00	500/ 250 0	
	1 0, 1 3	8 6, 1 0, 1 3	8 а, 9 д	6 6, 7 6, 9 6	5 в, 6 а, 6 7 а, 9 а, 1 2	5 в, 6 а, 7 а, 9 а, 1 2	5 6, 9 а, 1 1 2	5 6, 1 1 1	5 а, 1 1 1	5 а, 1 1 1	5а, 11	5а, 11	5а, 11	2	2	1,2	
>>50 >>80	1, 2/ 3	1, 8/ 5	2, 8/ 8	4/ 1 3	5/ 1 9	9/ 3 0	1 2/ 4 6	1 8/ 7 4	3 0/ 1 2 0	4 0/ 1 9 0	60 /3 00	10 0/ 46 0	160 /74 0	240 /12 00	400 /19 00	600/ 300 0	
	8 6, 1 0, 1 3	8 6, 1 0	8 а, 9 д	8 а, 9 6	6 6, 8 а, 9 а	6 а, 9 а, 1 2	4 6, 5 в, 6 а, 1 1, 1 2	4 а, 5 а, 6 а, 1 1	4 а, 5 а, 1 1	4 а, 5 а, 1 1	4а, 5а, 11	4а, 5а, 11	4а, 5а, 11	3	2	1,2	
>>80 >>120	1, 6/ 4	2/ 6	3/ 1 0	5/ 1 5	6/ 2 2	1 0/ 3 5	1 2/ 3 4	2 0/ 8 7	3 0/ 1 4 0	5 0/ 2 2 0	70 /3 50	12 0/ 54 0	180 /87 0	280 /14 00	440 /22 00	700/ 350 0	
	8 6, 1 0, 1 3	8 6, 1 0	8 а, 9 в	6 6, 8 а, 9 а	6 6, 9 а	4 6, 6 а, 9 а, 1 1, 1 2	4 6, 6 а, 1 1, 1 2	4 а, 5 а, 6 а, 1 1	4 а, 5 а, в, 1 1	4 а, 5 а, 1 1	4а, 5а, 11	4а, 5а, 11	4а, 5а, 11	2	2	1,2	
>>120 >>180	2/ 5	2, 8/ 8	4/ 1 2	6/ 1 8	7/ 2 5	1 2/ 4 0	1 6/ 6 3	3 0/ 1 0 0	4 0/ 1 6 0	5 0/ 2 5 0	80 /4 00	14 0/ 63 0	200 /10 00	320 /16 00	500 /25 00	800/ 400 0	
	1 3	8 6	8 6	8 а	6 а, 8 а, 1 2	6 а, 1 1 *, 1 2	4 6, 5 а, 1 1 *, 1 2	4 а, 5 а, 1 1 *, 1 2	4 а, 5 а, 1 1 *, 1 2	4 а, 5 а, 1 1 *, 1 2	4а, 5а, 11 *, 12	4а, 5а, 11 *, 12	3	2	1,2	1,2	
>>180 >>250	2, 8/ 7	4/ 1 0	5/ 1 4	7/ 2 0	8/ 2 9	1 2/ 4 6	1 8/ 7 2	3 0/ 1 1 5	4 0/ 1 1 5	6 0/ 2 9 0	10 0/ 46 0	16 0/ 72 0	240 /11 50	380 /18 50	600 /29 00	100 0/46 00	
	8 6	8 6	8 а	6 а, 8 а, 1 2 *	6 а, 8 а, 1 2 *	6 а, 1 2 *	4 6, 5 а, 1 2 *	4 а, 5 а, 1 2 *	4 а, 5 а, 1 2 *	4 а, 5 а, 1 2 *	4а, 5а, 12 *	4а, 5а, 12 *	3	2	1,2	1,2	

Закінчення таблиці 1.1.31

>> 250 >>315	3/ 8	4/ 1 2	5/ 1 6	8/ 2 3	1 0/ 3 2	1 4/ 5 2	2 0/ 8 1	3 0/ 1 3 0	5 0/ 2 1 0	7 0/ 3 2 0	12 0/ 52 0	18 0/ 81 0	260 /13 00	440 /21 00	700 /32 00	110 0/52 00
	-	-	-	-	6 6, 8 a	6 a, 8 a	4 6, 5 6	4 a, 5 a	4 a, 5 a	4 a, 5 a	4a, 5a	4a, 5a	3	2	1,2	1,2
>>315 >>400	3/ 9	5/ 1 3	6/ 1 8	9/ 2 5	1 0/ 3 6	1 6/ 5 7	2 4/ 8 9	4 0/ 1 4 0	5 0/ 2 3 0	8 0/ 3 6 0	12 0/ 57 0	18 0/ 89 0	280 /14 00	460 /23 00	800 /36 00	120 0/57 00
	-	-	-	-	8 a	6 6, 8 a	6 a, 8 a	4 6, 5 6	4 a, 5 a	4 a, 5 a	4a, 5a	4a, 5a	3	2	1,2	1,2
>>400 >>500	4/ 1 0	5/ 1 5	6/ 2 0	9/ 2 7	1 2/ 4 0	1 8/ 6 3	2 6/ 9 7	4 0/ 1 5 5	5 0/ 2 5 0	8 0/ 4 0 0	14 0/ 63 0	20 0/ 97 0	320 /15 50	500 /25 00	800 /40 00	140 0/63 00
	-	-	-	6 6, 8 a	6 a, 8 6	6 a, 8 6	4 6, 5 6	4 a, 5 a	4 a, 5 a	4 a, 5 a	4a, 5a	4a, 5a	4a, 5a	2	1,2	1,2

* Вимірювальний засіб неповністю забезпечує діапазон номінальних розмірів (див. табл 1.17).

Таблиця 1.1.32 - Вибір засобів вимірювання глибин та уступів

Номинальні розміри, мм	Квалітет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1																
До 3	0,4/1,2	0,8/2	1/3	1,4/4	1,8/6	3/10	3/14	6/25	8/40	12/60	20/100	30/140	50/250	80/400	120/600	200/1000	
	-	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38a/39a	38a/39a	38a/39a	38a/39a	37	37	
Понад 3 >> 6	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	1,6/5	2/8	3/12	4/18	8/30	10/48	16/75	30/120	40/180	60/300	100/480	160/750	240/1200	
	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38a/39a	38a/39a	38a/39a	37	37	37	
>>6 >> 10	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	2/6	2/9	4/15	5/22	9/36	12/58	18/90	30/150	50/220	80/360	120/580	200/900	300/1500	
	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	39/6	39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38a/39a	38a/39a	38a/39a	37	37	37	
>>10 >> 18	0,8/2	1,2/3	1,6/5	2,8/8	3/11	5/18	7/27	10/43	14/70	30/110	40/180	60/270	90/430	140/700	240/1100	380/1800	
	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38a/39a	38a/39a	38a/39a	37	37	37	
>>18 >> 30	1/2,5	1,4/4	2/6	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52	18/84	30/130	50/210	70/330	120/520	180/840	280/1300	440/2100	
	40/6	40/6	40/6	40/6	40/6	38/6,39/6	38/6,39/6	39/6	38/6,39/6	38/6,39/6	38a/39a	38a/39/6	37	37	37	37	

Продовження таблиці 1.1.32

Номинальні розміри, мм	Квалітет															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допустима похибка мкм / допуск, мкм: засоби вимірювань – за табл. 1.1.1															
>>30 >> 50	1/ 2, 5	1, 4/ 4	2, 4/ 7	4/ 1 1	5/ 1 6	7/ 2 5	10/ 3 9	16/ 62	20/ 10 0	40/ 16 0	50/ 250	80/ 390	140/ 260	200/ 1000	320/ 1600	500/2 500
	4 0 6	4 0 6	4 0 а	4 0 а	3 9 в	3 8 6, 3 9 6	38 6, 39 6	38 6, 39 в	38 а, 39 а	38 а, 39 а	38а, 39 а	38а, 39 а	37	37	37	1,37
>>50 >> 80	1, 2/ 3	1, 8/ 5	2, 8/ 8	4/ 1 3	5/ 1 9	9/ 3 0	12/ 4 6	18/ 74	30/ 12 0	40/ 19 0	60/ 300	100/ 46 0	160/ 740	240/ 1200	400/ 1900	600/3 000
	-	4 0 6	4 0 а	4 0 а	3 9 в	3 8 6, 3 9 6	38 6, 39 6	38 6, 39 в	38 а, 39 а	38 а, 39 а	38а, 39 а	38а, 39 а	37	37	37	1,37
>>80 >> 120	1, 6/ 4	2/ 6	3/ 1 0	5/ 1 5	6/ 2 2	1 0/ 3 5	12/ 5 4	20/ 87	30/ 14 0	50/ 22 0	70/ 350	120/ 54 0	180/ 870	280/ 1400	440/ 2200	700/3 500
	-	4 0 а	4 0 а	4 0 а	3 9 в	3 8 6, 3 9 6	38 6, 39 6	38 а, 39 а	38 а, 39 а	38 а, 39 а	38а, 39 а	38а, 39 а	37	37	37	1,37
>>120 >>180	2/ 5	2, 8/ 8	4/ 1 2	6/ 1 8	7/ 2 5	1 2/ 4 0	16/ 6 3	30/ 10 0	40/ 16 0	50/ 25 0	80/ 400	140/ 63 0	200/ 1000	320/ 1600	500/ 2500	800/4 000
	4 0 а *	4 0 а *	4 0 а *	4 0 а *	4 0 а *	3 8 6 *, 3 9 6 *	38 6 *, 39 6 *	38 а*, 39 а*	38 а*, 39 а*	38 а*, 39 а*	38а *, 39а *	38а *, 39а *	37	37	1,37	1,37
>>180 >>250	2, 8/ 7	4/ 1 0	5/ 1 4	7/ 2 0	8/ 2 9	1 2/ 4 6	18/ 7 2	30/ 11 5	40/ 18 5	60/ 29 0	100/ 46 0	160/ 72 0	240/ 1150	380/ 1850	600/ 2900	1000/ 4600
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	37	37	1,37	1,37

Закінчення таблиці 1.1.32

>>250 >>315	3/ 8	4/ 1 2	5/ 1 6	8/ 2 3	1 0/ 3 2	1 4/ 5 2	20 /8 1	30/ 13 0	50/ 21 0	70/ 32 0	120 /52 0	180 /81 0	260/ 1300	440/ 2100	700/ 3200	1100/ 5200
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	37	37	1,37	1,37
>>315 >>400	3/ 9	5/ 1 3	6/ 1 8	9/ 2 5	1 0/ 3 6	1 6/ 5 7	24 /8 9	40/ 14 0	50/ 23 0	80/ 36 0	120 /57 0	180 /89 0	280/ 1400	460/ 2300	800/ 3600	1200/ 5700
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	37	37	1,37	1,37
>>400 >>500	4/ 1 0	5/ 1 5	6/ 2 0	9/ 2 7	1 2/ 4 0	1 8/ 6 3	26 /9 7	40/ 15 5	50/ 25 0	80/ 40 0	140 /63 0	200 /97 0	320/ 1550	500/ 2500	800/ 4000	1400/ 6300
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1

Таблиця 1.1.33 - Вибір засобів вимірювань радіального і торцевого биття поверхонь

Допуск, мм	Допустима похибка вимірювання, мкм	Діапазони діаметрів вимірюваних поверхонь, мм						
		До 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 160	Понад 160 до 250	Понад 250 до 315	Понад 315 до 400	Понад 400 до 500
		Засоби вимірювання – за табл. 1.1.1						
0,4	0,14	19г, 27г, 28в, 36ц						
0,5	0,18	18г, 19в, 27г, 28в, 36ц						
0,6	0,2	18в, 19в, 24д, 26г, 27в, 28в, 36ф						
0,8	0,3	17г, 18в, 19в, 22д, 24г, 26г, 27в, 36у						
1	0,35	17г, 18в, 22д, 24г, 26г, 27в, 36у	17г, 18в, 22д, 24г, 26г, 27в, 36у					
1,2	0,4	17в, 18в, 22г, 23в, 24в, 25г, 26в, 27в, 36у	17в, 18в, 22г, 23в, 24в, 25г, 26в, 27в, 36у	17в, 18в, 22г, 23в, 24в, 25г, 26в, 27в, 36у				
1,6	0,6	16г, 17н, 21д, 22в, 23б, 24в, 25г, 26в, 29г, 36т	16г, 17н, 21д, 22в, 23б, 24в, 25г, 26в, 29г, 36т	16г, 17н, 21д, 22в, 23б, 24в, 25г, 26в, 29г, 36т				
2	0,7	16г, 17н, 21д, 22в, 23б, 24в, 25г, 26в, 29г, 36т	16г, 17н, 21д, 22в, 23б, 24в, 25г, 26в, 29г, 36т	16г, 17н, 21д, 22в, 23б, 24в, 25г, 26в, 29г, 36т	22г, 23б, 24в, 36т			
2,5	0,9	10в, 16в, 21г, ж, 22в, 23б, 25в, 29г, 36т	10в, 16в, 21г, ж, 22в, 23б, 25в, 29г, 36т	10в, 16в, 21г, 22в, 23б, 25в, 29г, 36т	21д, ж, 22в, 23б, 24в, 36т	23в, 36т	23в, 36т	
3	1	10в, 15г, 16в, 21г, ж, 22в, 23б, 29в, 36т	10в, 15г, 16в, 21г, ж, 22в, 23б, 29в, 36т	15г, 16в, 21г, ж, 22в, 23б, 24в, 29в, 36т	21г, ж, 22в, 23б, 24в, 36т	21ж, 22г, 23в, 36т	23в, 36т	23в, 36т
4	1,4	9в, 10в, 15г, 16в, 21в, е, 29в, 36с	9в, 10в, 15г, 16в, 21в, е, 29в, 36с	10в, 15г, 16в, 21в, е, 22в, 23б, 29в, 36с	10в, 21в, е, 22в, 23б, 36с	10в, 21г, ж, 22г, 23б, 36с	21ж, 23в, 36с	21ж, 23в, 36с
5	1,8	9в, 10в, 15г, 16в, 21в, е, 29в, 36с	9в, 10в, 15г, 16в, 21в, е, 29в, 36с	9в, 10в, 15в, 20г, 21в, е, 29в, 36с	9в, 10в, 20г, 21в, е, 36с	9в, 10в, 20г, 21в, е, 22в, 23б, 36с	21г, е, 22г, 23б, 36с	21г, ж, 22г, 23б, 36с

Закінчення таблиці 1.1.33

Допуск, мм	Допустима похибка вимірювання, мкм	Діапазони діаметрів вимірюваних поверхонь, мм						
		До 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 160	Понад 160 до 250	Понад 250 до 315	Понад 315 до 400	Понад 400 до 500
		Засоби вимірювання – за табл. 1.1.1						
6	2	9в, 10в, 11е, 12г, 15в, 20в, 21в, е, 29б, 36с	9в, 10в, 11е, 12г, 15в, 20в, 21в, е, 29б, 36с	9в, 10в, 11е, 12г, 15в, 20в, 21в, е, 29б, 36с	9в, 10в, 20в, 21в, е, 36с	9в, 10в, 20г, 21в, е, 22в, 23б, 36с	20г, 21г, е, 22г, 23б, 36с	20г, 21г, е, 22г, 23б, 36с
8	3	9в, 10в, 11е, 12в, 14г, 15в, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 11е, 12в, 14г, 15в, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 11е, 12в, 14г, 15в, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 12в, 20в, 36р	9в, 10в, 20в, 21в, е, 22в, 36р	20в, 21в, е, 22в, 23б, 36р	20г, 21в, е, 22в, 23б, 36р
10	3,5	9в, 10в, 11е, 12в, 14г, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 11е, 12в, 14г, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 11е, 12в, 14г, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 12в, 20в, 36р	9в, 10в, 20в, 21в, 36р	20в, 21в, е, 22в, 36р	20в, 21в, е, 22в, 36р
12	4	9в, 10в, 11е, 12в, 13г, 14в, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 11е, 12в, 13г, 14в, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 11с, 12в, 13г, 14в, 20в, 29а, 36р	9в, 10в, 12в, 36р	9в, 10в, 20в	20в, 21г, 22в, 36р	20в, 21г, 22в, 35р
16	6	7р, х, 9в, 10в, 11г, 12в, 13в, 14в, 29а	7р, х, 9в, 10в, 11г, 12в, 13в, 14в, 29а	7р, х, 9в, 10в, 11г, 12в, 13в, 14в, 29а	7р, х, 9в, 10в, 11г, 12в	7р, х	7р, х, 20в	7р, х, 20в
20	7	7р, х, 9в, 10в, 11г, 13в, 14в	7р, х, 9в, 10в, 11г, 13в, 14в	7р, х, 9в, 10в, 11г, 13в, 14в	7р, х, 10в, 11г	7р, х	7р, х	7р, х, 20в
25	9	7п, 11г, 13в	7п, 11г, 13в	7п, 11г, 13в	7п, 11г	7п	7п	7п
30	9	7п, 11г, 13в	7п, 11г, 13в	7п, 11г, 13в	7п, 11г	7п	7п	7п
40	12	7п, 8б, 11г, 13в	7п, 8б, 11г, 13в	7п, 8б, 11г, 13в	7п, 8б, 11г	7п, 8б	7п, 8б	7п, 8б
50	15	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а
60	18	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а
80	20	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а	7п, 8а
100	25	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
120	30	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
160	40	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
200	50	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
250	50	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
300	60	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
400	80	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
500	100	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
600	120	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а	7о, 8а
800	160	7о	7о	7о	7о	7о	7о	7о
1000	200	7н	7н	7н	7н	7н	7н	7н
1200	240	7н	7н	7н	7н	7н	7н	7н
1600	320	7н	7н	7н	7н	7н	7н	7н
2000	400	7м	7м	7м	7м	7м	7м	7м
2500	500		7м	7м	7м	7м	7м	7м
3000	600			7м	7м	7м	7м	7м
4000	800					7м	7м	7м
5000	1000							7л

Таблиця 1.1.34 - Вибір засобів вимірювань розмірів із не вказаним допусками

Номинальні розміри, мм	Вимірювання зовнішніх розмірів				Вимірювання внутрішніх розмірів				Вимірювання глибин і уступів			
	Клас точності "Точний" або квалітети 12 і 13	Клас точності "Середній" або квалітети 14 і 15	Клас точності "Грубий" або квалітет 16	Клас точності "Дуже грубий" або квалітет 17	Клас точності "Точний" або квалітети 12 і 13	Клас точності "Середній" або квалітети 14 і 15	Клас точності "Грубий" або квалітет 16	Клас точності "Дуже грубий" або квалітет 17	Клас точності "Точний" або квалітети 12 і 13	Клас точності "Середній" або квалітети 14 і 15	Клас точності "Грубий" або квалітет 16	Клас точності "Дуже грубий" або квалітет 17
	Допустима похибка вимірювання, мкм / засоби вимірювань зовнішніх розмірів, глибин і уступів – за табл. 1.1.1; внутрішніх розмірів – за табл. 1.1.24											
Понад 1 до 3	$\frac{50}{4}$	$\frac{100}{3}$	$\frac{150}{2}$	$\frac{150}{2}$	$\frac{50}{-}$	$\frac{100}{-}$	$\frac{150}{-}$	$\frac{150}{-}$	$\frac{50}{38a, 39a}$	$\frac{100}{37}$	$\frac{150}{37}$	$\frac{150}{37}$
>> 3 >> 6	$\frac{50}{4}$	$\frac{100}{3}$	$\frac{200}{2}$	$\frac{500}{1.2}$	$\frac{50}{-}$	$\frac{100}{-}$	$\frac{200}{-}$	$\frac{500}{-}$	$\frac{50}{38a, 39a}$	$\frac{100}{37}$	$\frac{200}{37}$	$\frac{500}{1}$
>> 6 >> 30	$\frac{100}{3}$	$\frac{200}{2}$	$\frac{300}{2}$	$\frac{500}{1.2}$	$\frac{100}{5}$	$\frac{200}{2}$	$\frac{300}{2}$	$\frac{500}{1.2}$	$\frac{100}{37}$	$\frac{250}{37}$	$\frac{300}{37}$	$\frac{500}{1}$
>> 30 >> 120	$\frac{150}{2}$	$\frac{250}{2}$	$\frac{400}{1.2}$	$\frac{800}{1.2}$	$\frac{100}{3}$	$\frac{250}{2}$	$\frac{400}{2}$	$\frac{800}{1.2}$	$\frac{150}{37}$	$\frac{250}{37}$	$\frac{400}{37}$	$\frac{800}{1}$
>> 120 >> 315	$\frac{200}{2.4}$	$\frac{300}{2.4}$	$\frac{600}{1.2.4}$	$\frac{1000}{1.2.4}$	$\frac{200}{2}$	$\frac{300}{2}$	$\frac{600}{1.2}$	$\frac{1000}{1.2}$	$\frac{200}{37}$	$\frac{300}{37}$	$\frac{600}{1}$	$\frac{1000}{1}$
>> 315 >> 500	$\frac{300}{2.4}$	$\frac{500}{1.2.4}$	$\frac{1000}{1.2.4}$	$\frac{1000}{1.2.4}$	$\frac{300}{2}$	$\frac{500}{1.2}$	$\frac{1500}{1.2}$	$\frac{1500}{1.2}$	$\frac{300}{37}$	$\frac{500}{1}$	$\frac{1000}{1}$	$\frac{1500}{1}$

Примітка. Точність внутрішніх розмірів в діапазоні понад 1 до 6 мм забезпечується технологічно розмірами загального інструменту. Контроль у разі потреби можна виробляти калібрами або спеціальними вимірювальними засобами.

Додаток Б

Завдання для виконання задач

самостійних робіт

Самостійна робота №1

1. Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання лінійних розмірів (додаток А).
2. Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20°C (Δ_d) при короткочасному коливанні температури Δ_{t2} .
3. Визначити параметри розбраковування (m , n , $\frac{c}{IT}$).

Варіант 1

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
2	F	11	4	БрБ2
85	G	9	3	БрАЖН 10-4-4
140	D	6	5	АЛ11
320	Js	5	2	45Г2
19	d	9	3	АЛ9
95	e	6	2	ВЧ38
180	c	11	4	МЛ4
450	f	5	5	БрАЖН 10-4-4

- Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt_1) при короткочасному коливанні температури $dt_2=0,4C$.
- Визначити параметри розбраковування (m , n , c).

Варіант 2

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
12	B	8	2	ЛЖМц 59-1-1
60	CD	11	4	АЛІ3
240	E	7	3	СЧ45
300	FG	5	5	БрАЖ9-4
9	d	9	2	СТАЛЬ 45
67	a	11	5	ЛС59-1Л
125	c	8	4	АЛІ1
380	ef	6	3	БрОЦС 5-5-5

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С
– (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.
Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 3

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
28	F	7	5	45Г2
71	CD	5	3	АЛ9
130	E	6	2	65Г
500	D	9	4	БрАЖ9-4
9	js	11	4	ЛЖМц59-1-1
42	c	9	5	65Г
150	h	5	3	20Х
400	g	6	2	АЛІ3

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С
– (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.
Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 4

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
20	CD	11	4	45Г2
48	F	6	2	40ХН
140	H	7	5	АЛ13
420	C	5	3	ЛА 67-2,5
6	d	9	5	МЛ4
90	e	11	2	АЛ13
180	fg	8	3	ЛС59-1
340	g	5	4	40ХН

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 5

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
15	B	5	4	ВЧ45
34	EF	11	3	АЛ9
140	A	8	2	СЧ30
340	C	9	5	ЛА 67-2,5
2	c	9	5	БрОЦС 5-5-5
75	e	8	3	Д16П
200	e	11	4	ЛЖМц59-1-1
260	b	5	2	20Х

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 6

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
28	F	11	3	50Г
95	H	9	4	ЛЖМц59-1-1
160	C	7	5	БрАЖН 10-4-4
340	E	6	2	АЛ11
5	fg	6	2	Д16
39	f	11	3	БрОЦС 5-5-5
150	g	7	5	Д16П
360	h	8	4	ВЧ38

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 7

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
10	C	8	4	18ХГТ
100	E	9	2	18ХГТ
150	G	5	5	АЛ11
500	CD	11	3	БрАЖН 10-4-4
28	k	11	2	МА2
75	g	7	5	СЧ30
240	g	5	3	МА2
320	f	8	4	ЛС59-1Л

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 8

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
18	F	9	4	КЧ30
53	F	11	5	40ХН
240	C	7	3	АЛ13
400	B	8	2	ЛС59-1
26	g	11	3	20Х
90	n	8	2	СТАЛЬ 45
180	c	9	5	ЛА 67-2,5
360	d	5	4	Д16

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.
Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 9

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
4	H	11	5	ЛС59-1
32	JS	5	3	ЛА 67-2,5
190	A	8	4	ВЧ50
400	CD	9	2	МЛ4
17	a	8	3	МЛ5
71	js	6	5	ЛЖМц59-1-1
210	f	9	2	50Г
340	e	11	4	ЛС59-1

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.
Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 10

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
13	F	5	5	СЧ30
63	B	6	3	БрАЖ9-4
240	FG	7	2	МЛ4
300	C	9	4	АЛ9
24	h	8	2	БрАЖ9-4
53	ef	6	5	СЧ30
200	js	11	3	ВЧ45
400	f	9	4	Д16

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 11

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
9	H	9	5	ВЧ38
45	F	11	4	БрАЖМц 10-3-1,5
160	G	6	2	ЛС59-1Л
480	G	7	3	МЛБ
14	f	5	2	Д16П
110	d	11	4	ЛЖМц59-1-1
190	b	9	3	ЛАЖ60-1-1Л
320	e	6	5	65Г

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 12

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
8	B	8	4	ВЧ45
53	H	6	3	Д16П
180	C	5	2	АЛ9
360	D	9	5	ЛЖМц59-1-1
11	cd	9	3	МЛ4
42	f	11	5	БрБ2
150	fg	7	2	Ла67-2,5
450	g	5	4	18ХГТ

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 13

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
1	A	9	2	БрАЖН 10-4-4
48	B	8	5	40ХН
250	JS	7	3	КЧ35
380	D	5	4	МА2
10	fg	11	2	ВЧ50
56	f	9	5	Ал9
180	k	7	4	20Ч
420	g	6	3	БрБ2

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 14

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
28	R	11	4	МА2
85	P	9	3	Fk1
240	S	7	2	АЛ9
380	D	6	5	БрАЖН 10-4-4
18	a	8	2	СХ45
56	js	11	5	АЛ11
170	fg	7	4	СЧ30
320	g	6	3	БрАж9-4

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 15

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
1	CD	5	2	ЛАЖ60-1-1Л
34	FG	9	5	20Х
150	JS	6	4	АЛ13
260	A	11	3	СЧ30
9	B	6	5	АЛ9
95	cd	9	3	СЧ45
160	p	7	4	БрБ2
360	G	6	2	СЧ45

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 16

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
1	CD	5	2	ЛАЖ60-1-1Л
34	FG	9	5	20Х
150	JS	6	4	АЛ13
260	A	11	3	СЧ30
9	B	6	5	АЛ9
95	cd	9	3	СЧ45
160	p	7	4	БрБ2
360	G	6	2	СЧ45

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 17

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
1	CD	5	2	ЛАЖ60-1-1Л
34	FG	9	5	20Х
150	JS	6	4	АЛ13
260	A	11	3	СЧ30
9	B	6	5	АЛ9
95	cd	9	3	СЧ45
160	p	7	4	БрБ2
360	G	6	2	СЧ45

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 18

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
19	A	7	5	40XH
75	S	6	3	Ля67-2.5
125	P	11	4	БрАЖ9-4
320	Y	8	2	МА2
11	a	11	4	ЛС59-1Л
60	js	9	3	МЛ4
250	u	7	5	КЧ30
280	x	5	2	БрАЖН 10-4-4

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 19

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
6	C	9	2	АЛ11
34	S	11	5	ЛС59-1
250	U	5	3	АЛ11
420	Z	6	4	ВЧ45
14	a	8	4	КЧ35
100	js	11	5	БрАЖН 10-4-4
200	b	9	3	Мл4
300	t	7	2	АЛ11

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 20

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
22	K	9	4	50Г
56	B	8	2	АЛ9
190	D	11	5	ЛЖМц59-1-1
260	A	5	3	СЧ30
15	c	7	3	Д16П
42	p	9	4	ВЧ45
200	m	5	5	18ЧГТ
340	k	11	2	ЛС59-1Л

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.
Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 21

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
16	M	9	3	МЛ4
67	U	5	2	МЛ5
200	X	11	5	ЛА67-2.5
480	Z	7	4	18ХГТ
25	a	11	5	Сталь 45
36	s	8	2	ЛС59-1Л
240	p	5	4	20Х
280	js	9	3	АЛ9

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.
Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 22

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
22	P	11	3	БрОЦС 5-5-5
32	Z	7	5	АЛІ1
140	M	9	2	ВЧ50
260	R	6	3	ВЧ38
20	u	9	2	45Г2
50	r	5	5	ЛС59-1Л
130	x	7	4	ЛС59-1
500	e	6	3	МЛБ

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 23

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
20	E	11	5	КЧ30
32	U	9	2	Сталь 30
140	T	7	4	ЛЖМц59-1-1
480	N	8	3	Д16
20	m	9	2	БрАЖ9-4
34	k	11	5	КЧ30
200	a	6	4	МА2
340	h	5	3	40ХН

Встановити допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Варіант 24

Вибрати універсальні вимірювальні засоби для вимірювання таких лінійних розмірів:

Номін. розмір, мм	Вид основного відхилення	Квалітет	Відн. точність виготовлення	Матеріал
11	K	11	4	БрАЖМц10-3-1.5
90	U	5	5	АЛ11
140	A	7	3	БрАЖМц10-3-1.5
380	P	8	2	Сталь 45
17	k	8	5	40ХН
45	z	7	2	20Х
180	y	5	3	ЛАЗ60-1-1л
380	n	6	4	МА2

Встановити

допустимі при вимірюванні відхилення від температури середовища 20 С – (dt1) при короткочасному коливанні температури dt2=0,4С.

Визначити параметри розбраковування (m, n, c).

Самостійна робота №2

Задача 2.1

Визначити відносним методом похибку положення механізму при таких значеннях параметрів (табл. 1.2.1):

Таблиця 1.2.1

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	L_1	L_2	L_3	L_4	№ схеми
0	10	25	15	30	1
1	20	30	20	45	2
2	25	45	40	50	3
3	30	20	10	15	4
4	15	50	35	40	5
5	45	60	25	35	1
6	40	15	60	10	2
7	35	55	50	20	3
8	55	10	30	25	4
9	50	40	45	55	5

Схема 1.2.1

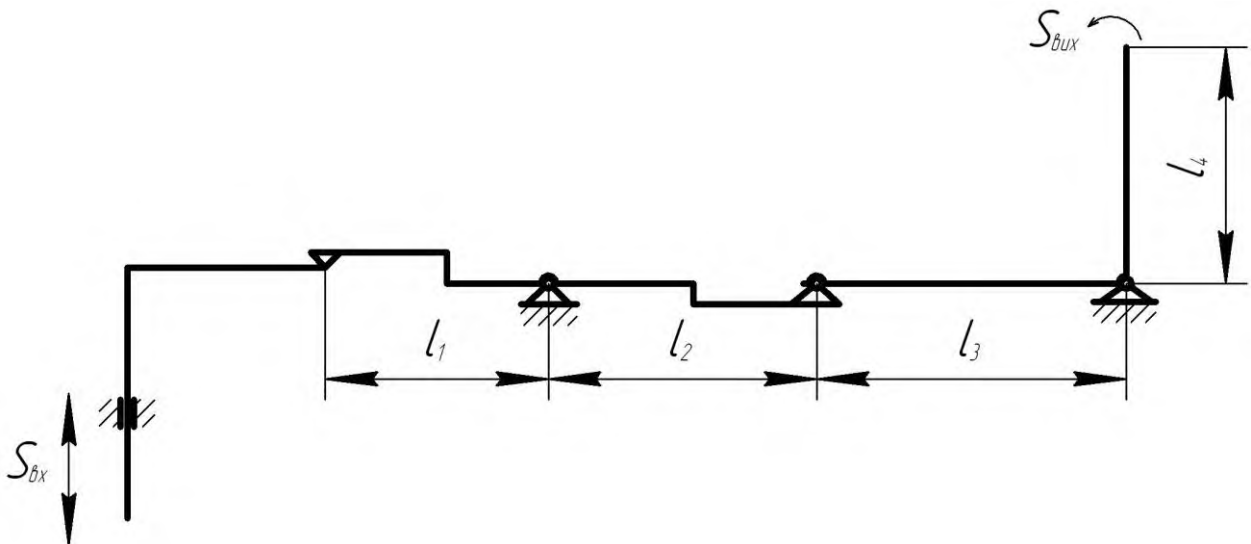


Схема 1.2.2

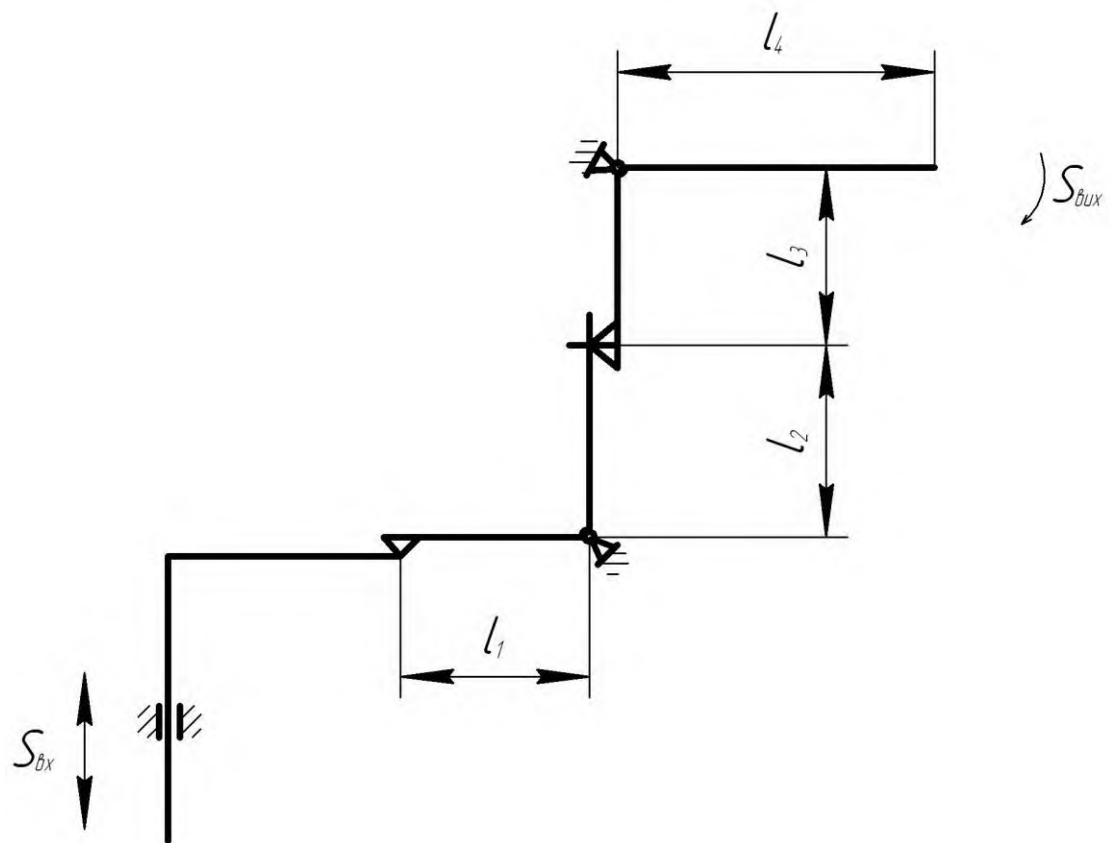


Схема 1.2.3

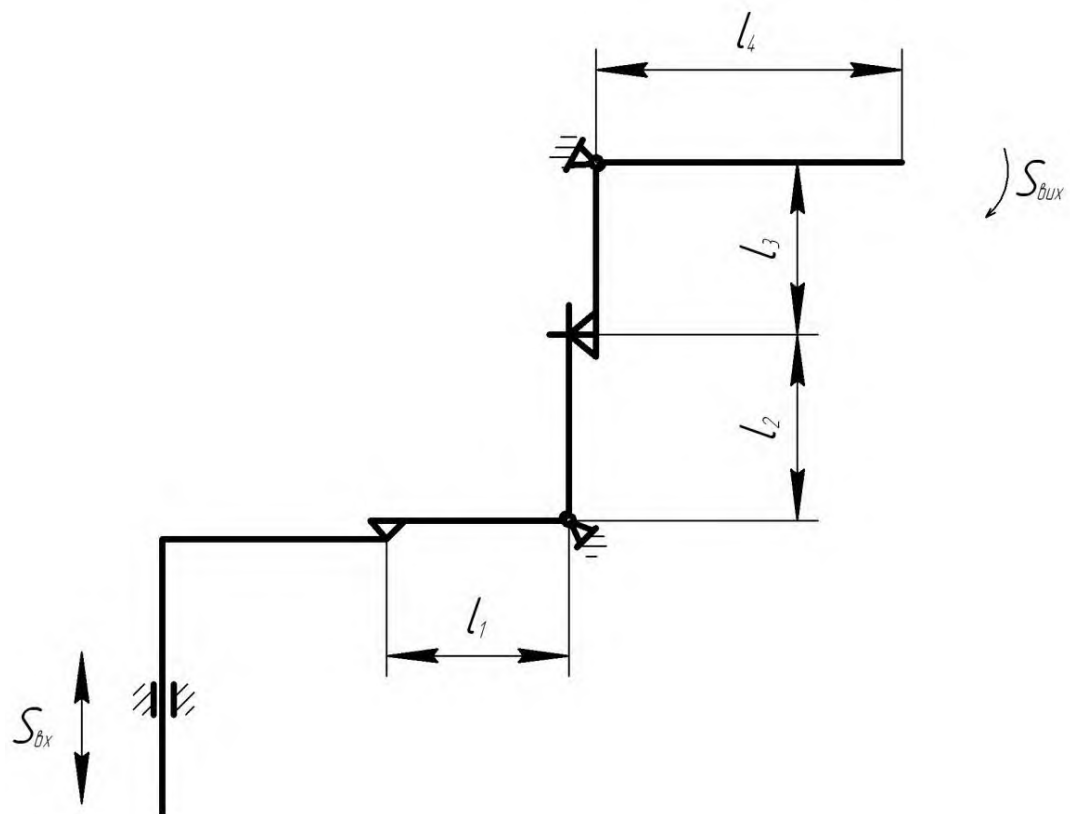


Схема 1.2.4

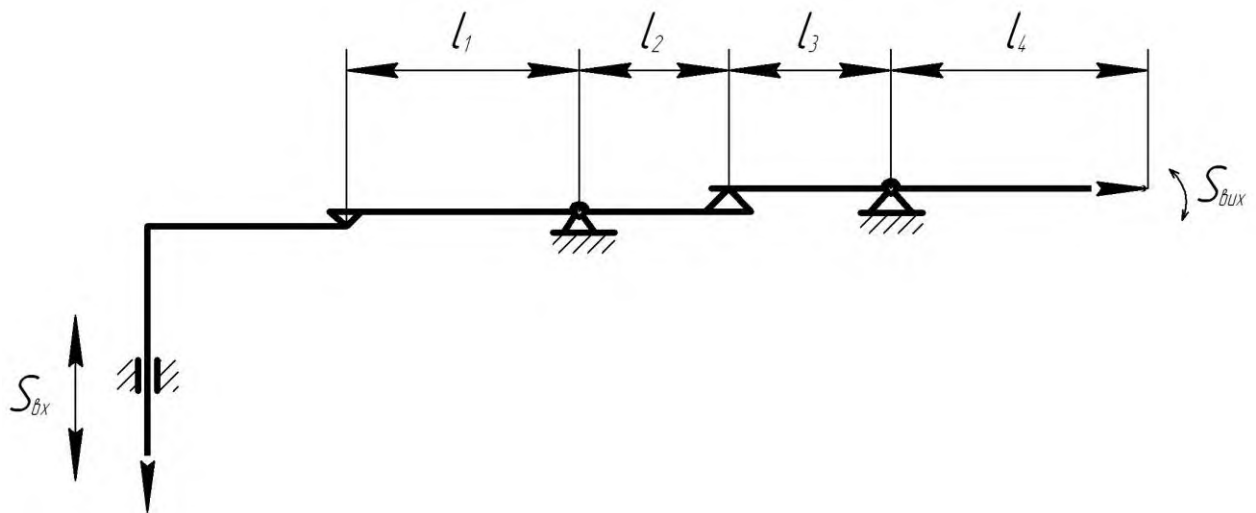
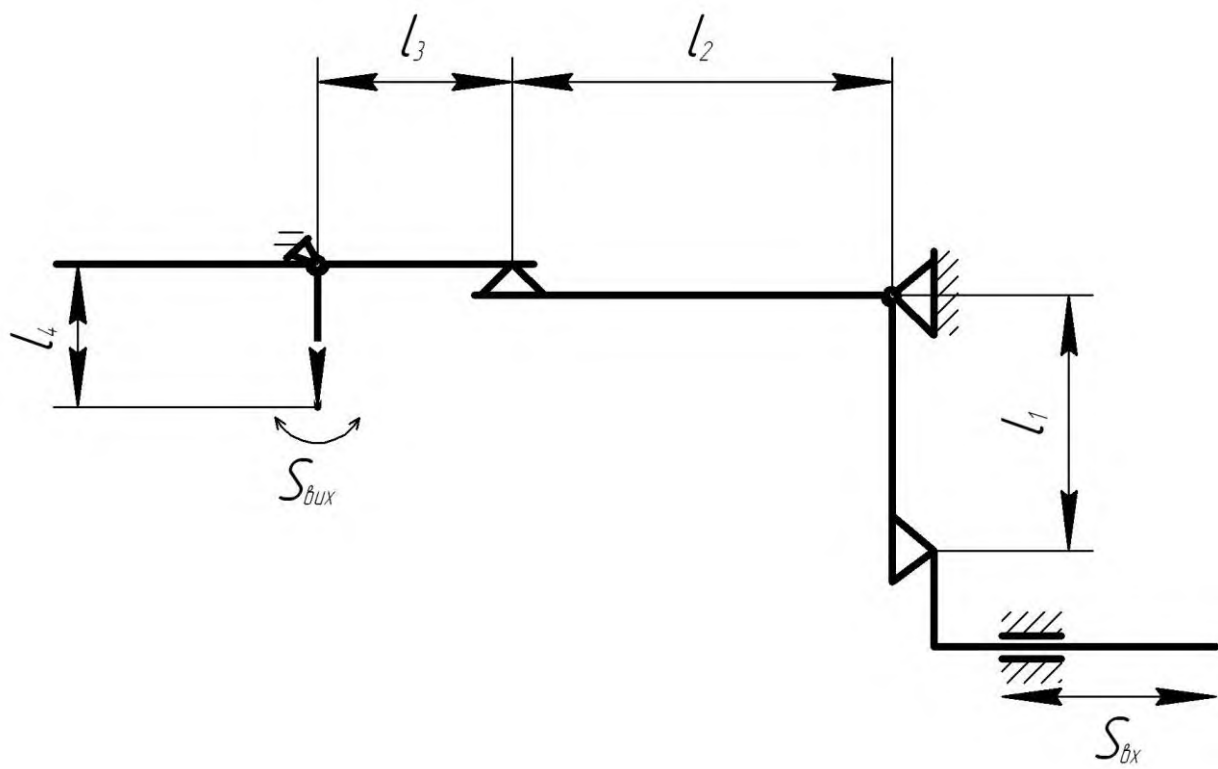


Схема 1.2.5



Задача 2.2

Визначити похибку положення синусно-зубчастого механізму диференціальним методом для найбільшого значення переміщення ведучої ланки S_{max} (прийняти точність виготовлення ланок a , R , ε по 7 квалітету IT7, ГОСТ 25346-82; ланки L – по 12 квалітету IT 12, ГОСТ 25346-82)

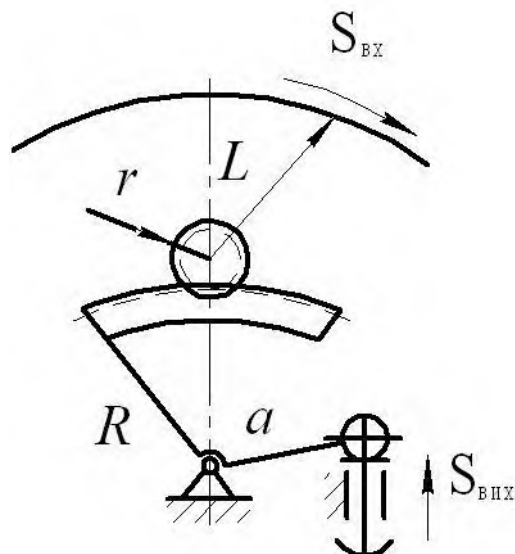


Рисунок 1.2.2 - Схема синусно-зубчастого механізму

Таблиця 1.2.2

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	S_{max}	L	ε	R	A
1	1	25	5	15	3
2	0.5	20	4	20	6
3	0.8	40	8	30	5
4	1.5	35	8	25	4
5	0.6	30	6	35	2.5
6	0.8	20	7	15	3
7	1	40	6	35	2.5
8	1.5	25	5	25	6
9	0.5	35	7	30	5
0	0.6	30	4	20	6

Самостійна робота №3

Задача 3.1

Визначити похибку схеми синусного механізму, якщо ведучою ланкою є штовхач 1, за таких даних:

- граничні значення переміщень: $\pm S$ (мм);
- найбільший кут повороту важеля: $\pm \varphi$ (градусів).

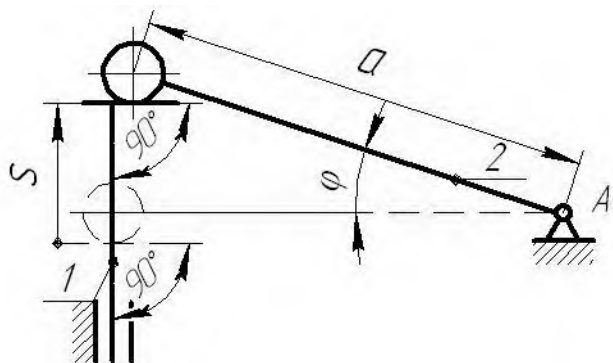


Рисунок 1.3.1 - Схема синусного механізму

Таблиця 1.3.1

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
S	1	0,6	2	3	2,5	1,2	1,4	0,8	0,5	1,5
φ	5	3	10	15	12	6	8	4	2,5	5

Задача 3.2

Визначити похибку схеми тангенсного механізму, якщо ведучою ланкою є штовхач 1, за таких даних:

- граничні значення переміщень: $\pm S$ (мм);
- найбільший кут повороту важеля: $\pm \varphi$ (градусів).

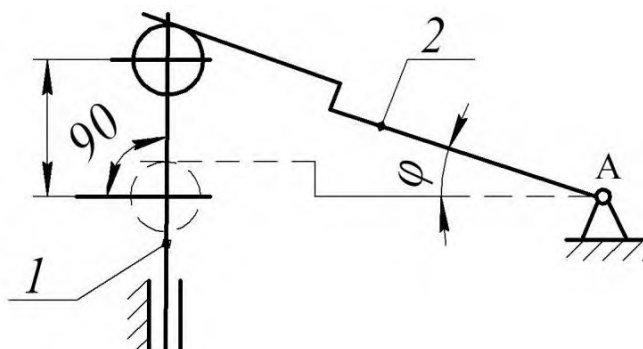


Рисунок 1.3.2 - Схема тангенсного механізму

Таблиця 1.3.2

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
S	1	0,6	2	3	2,5	1,2	1,4	0,8	0,5	1,5
φ	5	3	10	15	12	6	8	4	2,5	5

Самостійна робота №4

Визначити похибку повороту синусного механізму в діапазоні роботи штовхача від 0 до S_{max} , якщо довжина важеля a , похибка початкового положення α , перекус площадки p . Відхилення форми профілю робочої поверхні штовхача визначити за шорсткістю.

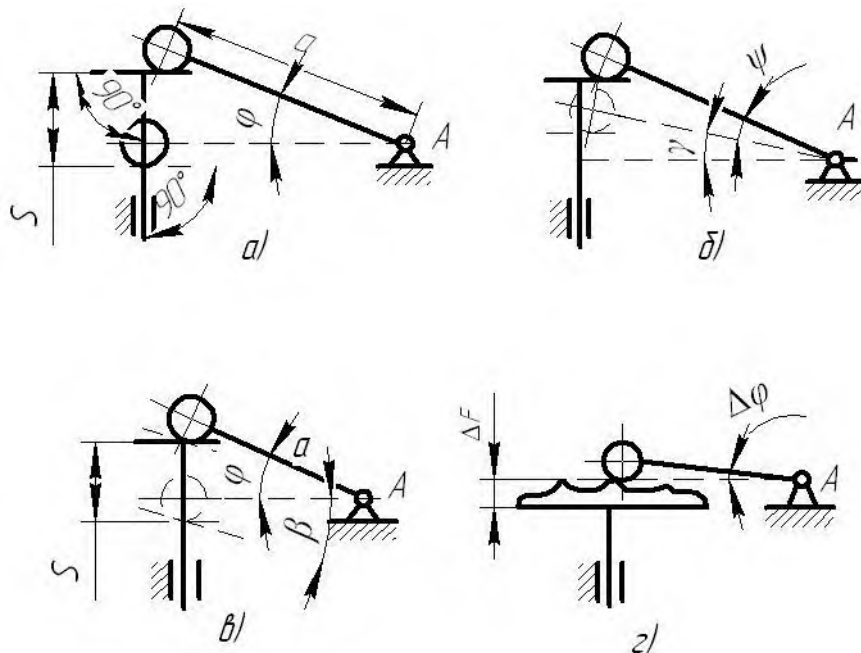


Рисунок 1.4.1 - Схема синусного механізму: а) без похибок; б) з похибкою початкового положення важеля; в) з похибкою від перекосу площадки штовхача; г) з похибкою форми поверхні штовхача

Таблиця 1.4.1

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	α	β	a	S_{max}
0	30'	1°	3	0,1
1	6'	30'	5	0,2
2	20'	2°	2	0,5
3	10'	1°30'	7	0,4
4	5'	40'	4	0,25
5	25'	45'	6	0,6
6	15'	50'	8	1,0
7	18'	20'	2,5	1,5
8	12'	1°15'	4,5	0,8
9	25'	1°45'	3,5	0,15

Самостійна робота №5

Задача 5.1

Визначити похибку схеми співвісного кривошипно-повзунного механізму при ведучому повзуні 2, якщо задано:

- максимальне переміщення повзуна від середнього положення $+S$ мм;
- найбільший кут повороту кривошипа $\pm\varphi^\circ$.

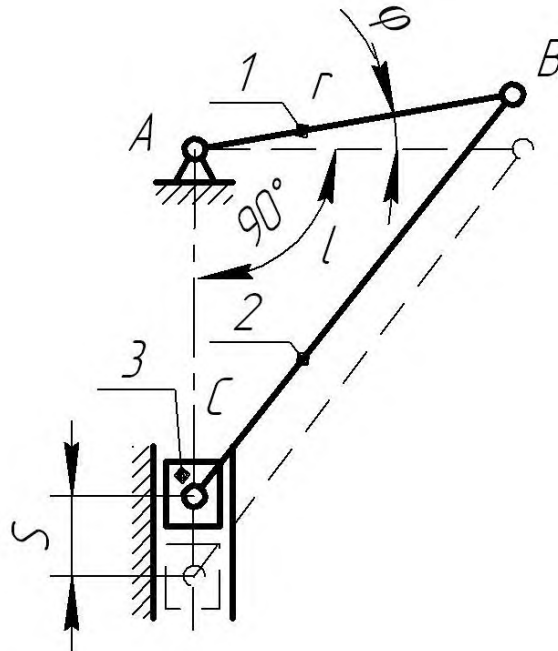


Рисунок 1.5.1 - Схема співвісного кривошипно-повзунного механізму

Таблиця 1.5.1

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
S	1	0,6	2	3	2,5	1,2	1,4	0,8	0,5	1,5
φ	5	3	10	15	12	6	8	4	2,5	5

Задача 5.2

Визначити похибку схеми кулісного механізму при ведучому кривошипі 1, якщо задано:

- найбільший кут повороту кривошипа $1 \pm \varphi$;
- найбільший кут повороту куліси $\pm \gamma$.

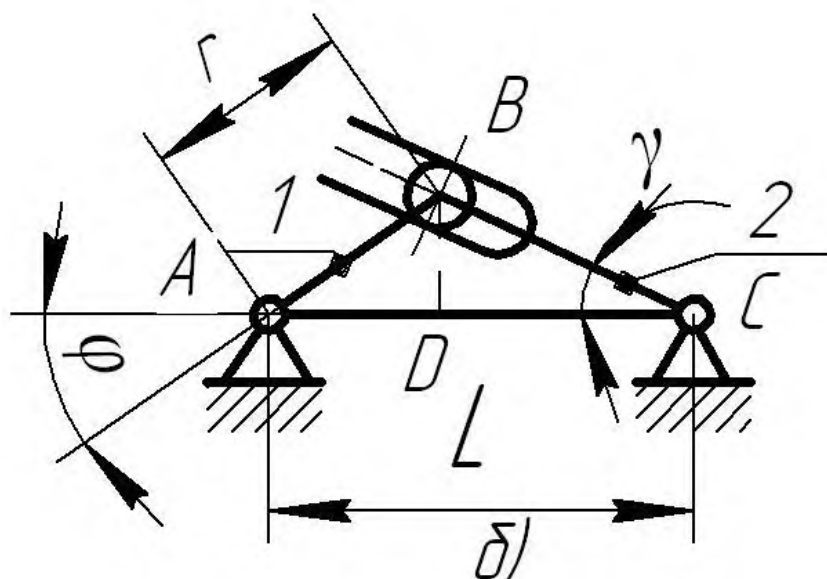


Рисунок 1.5.2 - Схема кулісного механізму

Таблиця 1.5.2

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
φ	20	4	25	5	10	6	8	2	15	12
γ	50	15	12	18	25	30	40	10	45	40

Самостійна робота №6

Визначити найбільші похибки, точки регулювання й значення довжини важеля а синусного механізму, якщо ведучою ланкою є важіль 2. Розрахунок провести для трьох методів регулювання:

- 1) регулювання до досягнення нульової похибки в нульовій точці шкали (регулювання по одній точці);
- 2) регулювання до досягнення нульових похибок у нульовій точці й на кінцях шкали (регулювання по двох точках);
- 3) регулювання до досягнення нульових похибок у нульовій точці й деякій проміжній точці шкали, яка вибрана за умови забезпечення рівності по модулю найбільшої і найменшої похибок (регулювання по двох точках).

Побудувати графіки зміни величини переміщення S залежно від зміни кута φ для трьох методів у діапазоні зміни кута φ від $\varphi_0=0^\circ$ до $\varphi_{\max}$.

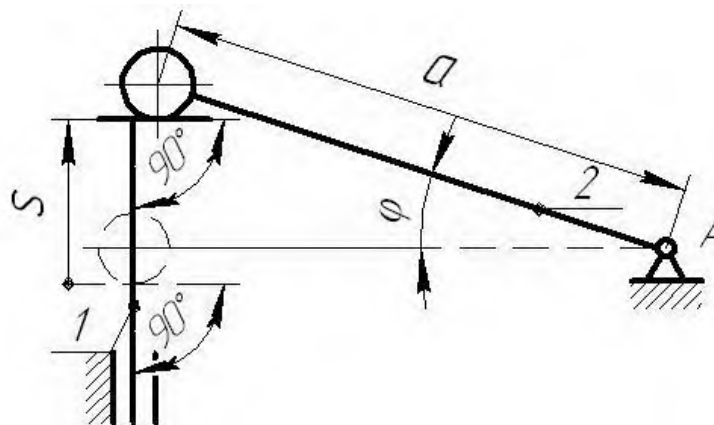


Рисунок 1.6.1 - Схема синусного механізму

Таблиця 1.6.1

№ варіанта за останньою цифрою залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	3	5	6	7	4	6	8	2,5	4,5	3,5
s	0,1	0,2	0,5	0,4	0,25	0,6	1,0	1,5	0,8	0,15
$\varphi_{\max}$ (градусів)	20	4	2,5	5	10	6	8	2	15	12