

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять та самостійних робіт
з дисципліни

МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ

*(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання
напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»)*

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійних робіт з дисципліни «Метрологія та стандартизація» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Г. І. Коба, К. А. Мамонов, І. С. Глушенкова, І. С. Творошенко. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 40 с.

Укладачі: КОБА Григорій Іванович,
МАМОНОВ Костянтин Анатолійович,
ГЛУШЕНКОВА Ірина Сергіївна,
ТВОРОШЕНКО Ірина Сергіївна

Рецензент: к.т.н., доцент В. О. Пеньков

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна, протокол № 4 від 03.10.2013 р.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Система допусків в будівництві. Основні терміни та визначення.....	5
2. Допуски на виготовлення елементів будівельних конструкцій.....	8
3. Розрахунок точності виготовлення елементів будівельних конструкцій..	10
4. Допуски на геодезичні розміточні роботи.....	16
5. Розрахунок точності виконання геодезичних розміточних робіт.....	17
6. Допуски на будівельно-монтажні роботи.....	23
7. Розрахунок допусків на будівельно-монтажні роботи.....	24
8. Розрахунок точності сполучення будівельних конструкцій.....	26
Контрольні запитання.....	36
Список джерел.....	39

ПЕРЕДМОВА

Дисципліну «Метрологія і стандартизація» студенти вивчають на 4 курсі денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій».

Методичні вказівки охоплюють лише деякі розділи дисципліни зі стандартизації та метрології.

Методичні вказівки написані з таким розрахунком, щоб студенти опрацювали теоретичний матеріал за рекомендованою літературою і змогли самостійно виконати контрольну роботу та підготуватися до заліку з даної дисципліни.

Щоб полегшити вивчення матеріалу, у методичних вказівках розв'язуються типові інженерно-геодезичні задачі в області забезпечення геометричних параметрів у будівництві.

У контрольній роботі обов'язково наводиться умова задачі, виконуються необхідні обчислення і рисунки аналогічно приведеним прикладам, робота оформлюється на окремих аркушах паперу формату А4.

Звітний матеріал, складений за індивідуальним завданням, зараховується, якщо в ньому правильно розв'язані і оформлені задачі, а студент позитивно відповів на запитання, основні із яких приведені в кінці даних вказівок.

Студенти-заочники відповідають на запитання письмово.

1. Система допусків в будівництві. Основні терміни та визначення

В Україні ще не створені нові державні стандарти із забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві споруд.

Згідно з постановою Верховної Ради України від 12 вересня 1991р. №1545 – XII «Про порядок тимчасової дії на території України окремих актів законодавства СРСР» діючими залишаються постанови Ради міністрів СРСР та УРСР щодо організації робіт у галузі стандартизації, метрології, сертифікації та якості продукції. Тому на території України [1] державні стандарти СРСР, галузеві та республіканські стандарти, будівельні норми, технічні умови та інші нормативно-технічні документи вважаються чинними.

Зараз в Україні діє розроблена ще в СРСР «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві». Наприклад, основні положення зі стандартизації допусків при будівництві збірних залізобетонних споруд базується на таких стандартах [2 – 7]:

- ГОСТ 23615-79. Статистичний аналіз точності;
- ГОСТ 21779-82. Технологічні допуски;
- ГОСТ 21780-83. Розрахунок точності;
- ГОСТ 26607-85. Функціональні допуски.

Державними будівельними нормами встановлено, що повна взаємозамінність однотипних елементів конструкції забезпечується за умов дотримання встановлених проектом допусків на їх виготовлення, розмічення та монтаж. Коли 99,73% елементів встановлюється в проектне положення, то це означає, що із 10000 елементів 9973 будуть встановлені «без підгонки» в проектне положення.

Вказівки вміщують деякі відомості з системи забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві [6]. В них наведені лише основні терміни і визначення та їх використання при розв'язанні задач з визначення допусків геометричних параметрів у будівництві.

Відповідно до технології будівельного виробництва стандартизація ряду числових величин допустимих (граничних) відхилень від номіналу розділяється на такі будівельні параметри:

- виготовлення збірних елементів будівельних конструкцій;
- геодезичні розміточні роботи;
- монтажні роботи при зібранні елементів будівельної конструкції.

Вивчаючи цю тему, студенти повинні з'ясувати, що відхилення дійсних розмірів елементів будівельних конструкцій, геодезичних розміточних

та монтажних робіт від заданих параметрів – *це похибки, що взаємопов'язані геометрично за характером їх прояву і технологічно в процесі будівництва і експлуатації інженерних споруд.*

Основні терміни та визначення

Геометричні параметри – це розмір, форма і положення конструкції в просторі. Вони бувають дійсні і номінальні.

Дійсний розмір – це розмір, отриманий в результаті вимірювання з допустимою (граничною) похибкою.

Номінальний розмір – це основний проектний розмір, визначений з врахуванням його функціонального призначення, що є початком (базою) відліку відхилень.

Розміри геометричних параметрів (будівель, споруд) у будівництві виражаються лінійними (позначення L або X) або кутовими величинами.

Стандартизацію розмірів і допустимих (граничних) відхилень геометричних параметрів виконують з врахуванням вимог до збірності конструкцій і взаємозаміни їх елементів.

Взаємозамінність елементів – це властивість незалежно виготовлених однотипних елементів забезпечити можливість їх застосування одного замість другого без допоміжних операцій з підбору або пригону геометричних параметрів елементів при заданому рівні збірності конструкцій.

Збірність конструкцій – це властивість незалежно виготовлених елементів забезпечити можливість складання з них конструкцій будівель та споруд з геометричною точністю, що відповідає пред'явленим до конструкції експлуатаційним вимогам.

Метою призначення допусків (наприклад, на монтаж) є забезпеченість збірності конструкцій при додержанні необхідної експлуатаційної (функціональної) якості конструкції.

Допуск ΔX – різниця між найбільшим (X_{\max}) і найменшим (X_{\min}) граничними розмірами або різниця між верхнім (δx_{\sup}) і нижнім (δx_{\inf}) граничними відхиленнями.

Поле допуску – сукупність значень геометричного параметра, обмежених його граничними розмірами ($X_{\min}, X_1, X_2, \dots, X_{\max}$), тобто

$$\Delta x = x_{\max} - x_{\min} = \delta x_{\sup} - \delta x_{\inf}. \quad (1)$$

Граничне відхилення розміру – алгебраїчна різниця між граничним і

номінальним (проектним) значеннями геометричного параметра.

Верхнє граничне відхилення – алгебраїчна різниця між найбільшим граничним (X_{\max}) і номінальним (X_{nom}) значенням геометричного параметра, тобто

$$\delta x_{\text{sup}} = X_{\max} - X_{\text{nom}}. \quad (2)$$

Нижнє граничне відхилення – алгебраїчна різниця між найменшим граничним (X_{\min}) і номінальним (X_{nom}) значенням геометричного параметра, тобто

$$\delta x_{\text{inf}} = X_{\min} - X_{\text{nom}}. \quad (3)$$

Відхилення середини поля допуску – алгебраїчна різниця між серединою поля допуску (X_{cp}) та номінальним значенням (X_{nom}) геометричного параметра.

Допуск завжди є величиною додатною, а граничні відхилення можуть бути величинами додатними, від’ємними і нульовими.

На креслениках конструкцій прийнято вказувати тільки граничні відхилення: верхнє δx_{sup} та нижнє δx_{inf} .

Функціональний допуск – допуск геометричного параметра, який встановлює точність зібраної конструкції, виходячи з умов забезпечення відповідних їй функціональних вимог [7, 8].

Технологічний допуск – допуск геометричного параметра, який встановлює точність виконання технологічного процесу чи операції [5].

При монтажі збірних елементів функціональні допуски встановлені для таких основних параметрів [5, 9]:

- зазор між елементами;
- довжина і ширина обпирання елемента конструкції;
- збіжність осей елементів;
- незбіг (уступ) поверхонь елементів;
- горизонтальність і вертикальність елементів.

Слід мати на увазі, що точність установлення елементів збірних будівель і споруд в БНіПах і ГОСТах не завжди нормуються одними і тими ж характеристиками.

Так, у главах БНіП звично вона дана у вигляді граничних відхилень $\delta x = 3\sigma$ [10], а у державних стандартах ГОСТ «Системи забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві» – у вигляді допусків [7].

$$\Delta X = 2\delta x = 6\sigma \approx 6m. \quad (4)$$

Всі допуски геометричних параметрів згруповані за класами точності технологічних процесів і операцій.

Клас точності – це сукупність технологічних допусків, які залежать від номінальних значень геометричних параметрів.

Технологічні допуски ΔX у міліметрах обчислюють за формулою

$$\Delta X = i \cdot K, \quad (5)$$

де i – одиниця допуску, що визначається в залежності від значення нормованого геометричного параметра за формулами, приведеними в таблицях ГОСТ 21779-82 і в табл. 1 цих методичних вказівок;

K – коефіцієнт точності, що встановлює число одиниць допуску для даного класу точності.

Клас точності визначає величину допуску на виготовлення та монтаж елементів і розміщення осей, отже визначає вибір методів і засобів для виконання цих робіт.

2. Допуски на виготовлення елементів будівельних конструкцій

У будівельному виробництві застосовують конструкції зі сталі, залізобетону, дерева, пластмас та інших матеріалів. Недосконалість технологічних операцій виготовлення елементів конструкцій призводить до похибок установлених (номінальних) величин лінійних розмірів, викривлення поверхностей та геометричних форм.

Згідно ГОСТ 21779-82, основними дефектами виготовлення елементів будівельних конструкцій, на які встановлюються допуски, є:

- відхилення від номінальних величин лінійних розмірів елементів;
- відхилення від прямолінійності поверхні;
- відхилення від площинності (викривлення опорних площин, овальність);
- відхилення від перпендикулярності суміжних поверхонь (клиноподібність);
- нерівність діагоналей (перекіс).

Графічне зображення допусків ΔX і відхилень δx_{sup} і δx_{inf} від номінальних лінійних розмірів, прямолінійності, площинності, перпендикулярності суміжних поверхностей і нерівності діагоналей елементів конструкцій приведені на рис. 1.

Величини цих допусків залежно від номінального розміру елементів і класу точності встановлені ГОСТ [5, 7].

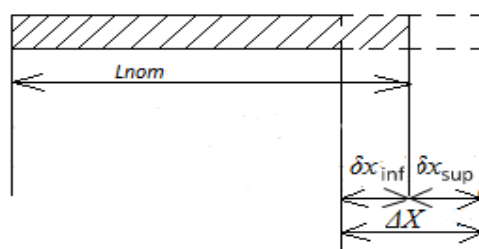


Рис. 1 – Графічне зображення допуску ΔX та відхилень δX лінійного розміру елемента будівельної конструкції від номіналу

Технологічні допуски ΔX виготовлення елементів будівельних конструкцій визначаються за формулою (1), в якій одиниця допуску обчислюється за формулою (табл. 1)

$$i = \alpha_i \cdot (0.8 + 0.001\sqrt{L}) \cdot (\sqrt[3]{L + 25} + 0.01\sqrt[3]{L^2}), \quad (6)$$

де L – довжина розміру елемента в мм;

α_i – коефіцієнт, який залежить від виду дефекту.

Таблиця 1 – Види дефектів геометричних параметрів при виготовленні будівельних конструкцій і формули для обчислення значення одиниці допуску

Технологічний процес	Допуск геометричного параметра L	Коефіцієнт α_i	Формули для обчислення одиниці допуску i , мм
1. Виготовлення	Лінійного розміру	1.0	$i = \alpha_i \cdot (0.8 + 0.001\sqrt{L}) \cdot (\sqrt[3]{L + 25} + 0.01\sqrt[3]{L^2})$ де L в мм
	Прямолінійності	1.0	
	Площинності	1.0	
	Перпендикулярності	0.6	
	Нерівності діагоналей	1.0	
2. Розмітка	Розмітка точок і осей в плані	1.0	$i = \alpha_i \cdot L$, де L в мм
	Передача точок і осей за вертикаллю	0.4	
	Створність точок	0.25	
	Розмітка висотних позначок (відміток)	0.6	
	Передачі висотних позначок	0.25	
	Перпендикулярність осей	0.4	
3. Встановлення (монтаж)	Суміщення орієнтирів	1,60	$i = \alpha_i \cdot (0.8 + 0.001\sqrt{L}) \cdot (\sqrt[3]{L + 25} + 0.01\sqrt[3]{L^2})$
	Симетричність	0.6	

Значення коефіцієнтів K і α для обчислення допусків на виготовлення наведені в табл. 1 і табл. 2.

Величину допуску ΔX обчислюють для кожного виду дефекту, враховуючи номінальний розмір елемента та клас точності.

Таблиця 2 – Величина коефіцієнтів K і α для різних видів дефектів і класів точності при виготовленні елементів будівельних конструкцій

Вид дефекту	α_i	K для класів точності								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лінійні розміри	1,0	0,1	0,16	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0
Прямолінійність, площинність	1,0	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	-	-	-
Перпендикулярні	0,6	0,16	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,0
Нерівність діагоналей	1,0	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	-	-	-

3. Розрахунок точності виготовлення елементів будівельних конструкцій

Задача №1. На домобудівельному комбінаті виготовляють стінові панелі розміром 6000x3000x200 за 4-м класом точності. Визначити допуски для: лінійних розмірів за довжиною, прямолінійності, площинності, перпендикулярності і нерівності діагоналей панелі. Допуски схематично показати на кресленні.

Технологічні допуски ΔX у міліметрах обчислюють за формулою (5) а одиницю допуску виготовлення елементів будівельних конструкцій – за формулою (6).

Граничні відхилення поля допуску (при їх нормальному розподіленні) дорівнюють:

$$\delta x = \pm \frac{\Delta x}{2}, \quad (7)$$

Звідси верхнє граничне відхилення дорівнює

$$\delta x_{sup} = + \delta x, \quad (8)$$

Нижнє граничне відхилення дорівнює

$$\delta x_{inf} = - \delta x. \quad (9)$$

Тоді граничні розміри панелі будуть такі:

- максимальний $L_{\max} = L + \delta x_{\sup};$ (10)

- мінімальний $L_{\min} = L + \delta x_{\inf}.$ (11)

Довжина діагоналей панелі дорівнює:

$$L_D = \sqrt{L_1^2 + L_2^2},$$

де L_1 – довжина більшої сторони панелі, мм;

L_2 – довжина меншої сторони панелі, мм.

$$L_D = \sqrt{6000^2 + 3000^2} = 6708 \text{ мм}.$$

Розв'язання.

Обчислюють величину допуску та граничних відхилень лінійних розмірів панелі.

Згідно табл. 1 і табл. 2 відповідні коефіцієнти дорівнюють: $\alpha = 1,0$, $K = 0,4$. При довжині стінової панелі 6000 мм знаходять:

- одиницю допуску

$$i = 1.0(0.8 + 0.001\sqrt{6000})(\sqrt[3]{6000 + 25} + 0.01\sqrt[3]{6000^2}) = 18.9 \text{ мм};$$

- поле допуску

$$\Delta x = K \cdot i = 0.4 \cdot 18.9 = 7.6 \text{ мм}.$$

Граничні відхилення дорівнюють:

- верхнє

$$\delta x_{\sup} = \frac{\Delta x}{2} = \frac{7.6}{2} = +3.8 \text{ мм};$$

- нижнє

$$\delta x_{\inf} = -3.8 \text{ мм}.$$

Граничні розміри стінової панелі

- максимальний

$$L_{\max} = L + \delta x_{\sup} = 6000 + 3.8 = 6003.8 \text{ мм};$$

- мінімальний

$$L_{\min} = L + \delta x_{\inf} = 6000 - 3.8 = 5996.2 \text{ мм}.$$

На рис. 2 зображені результати обчислень граничних розмірів стінової панелі, допуску ΔX та граничних відхилення δx_{sup} і δx_{inf} від її лінійного розміру (L_{nom}).

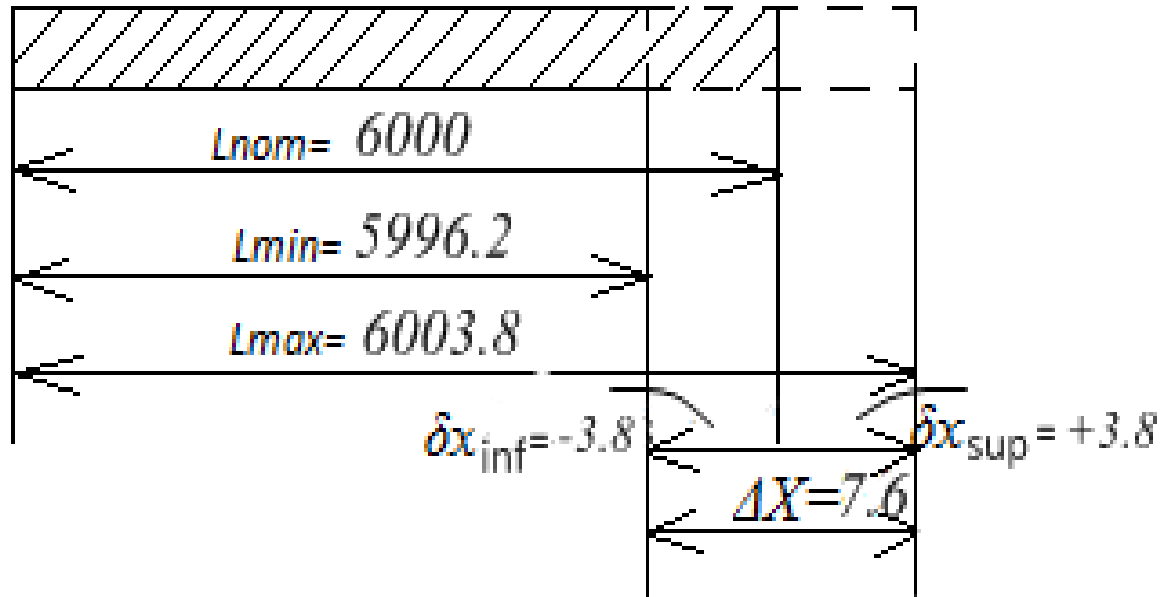


Рис. 2 – Графічне зображення величин допуску та граничних відхилень від номінального лінійного розміру стінової панелі

Обчислюють величини допуску та граничних відхилень від прямолінійності.

Вихідні дані: $L_1 = 6000 \text{ мм}$.

Допуск і відхилення від прямолінійності обчислюють за (5) і (6).

Згідно табл. 1 і табл. 2 коефіцієнти дорівнюють: $\alpha = 1,0$, $K = 1,0$.

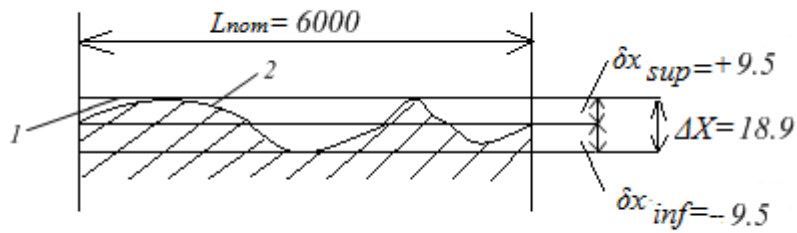
Одиниця допуску дорівнює

$$i = 1,0(0,8 + 0,001\sqrt{6000})(\sqrt[3]{6000 + 25} + 0,01\sqrt[3]{6000^2}) = 18,9 \text{ мм}.$$

Тоді допуск $\Delta X = 1,0 \cdot 18,9 = 18,9 \text{ мм}$, а відхилення $\delta x = \frac{18,9}{2} = \pm 9,5 \text{ мм}$.

У разі необхідності прямолінійність визначають не за всією довжиною, а на деякій відстані L_i на інтервалі від дотичної лінії.

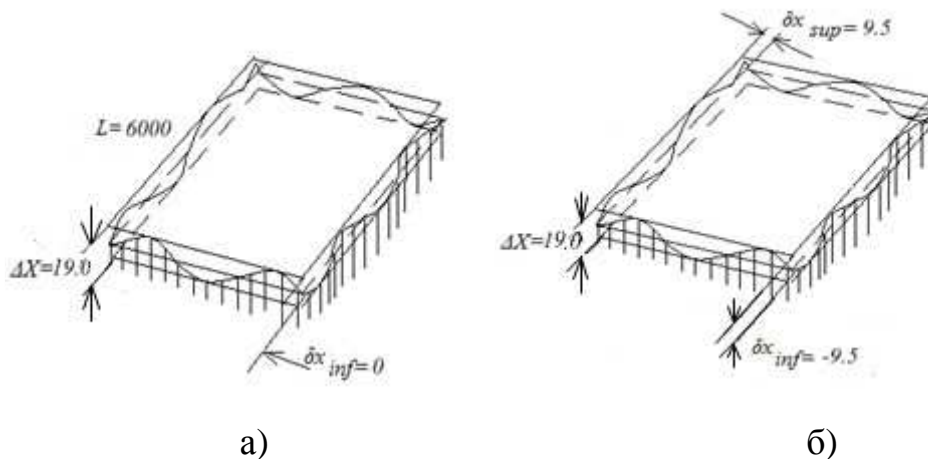
На рис. 3 зображені розраховані величини допуску та граничних відхилень від прямолінійності стінової панелі.



- 1 – прями, що обмежують поле допуску;
2 – реальний профіль елемента конструкції.

Рис. 3 – Графічне зображення допуску та відхилень від прямолінійності грані стінової панелі

Обчислюють величини допуску та граничних відхилень від площинності.



а)

б)

- а – допуск площинності і відхилень від неї при вимірюванні від прилеглої площини;*
б – теж при вимірюванні від умовної площини, що проходить через три точки реальної поверхні.

Рис. 4 – Графічне зображення допусків та відхилень від площинності стінової панелі

При довжині панелі 6000 мм для 4-го класу точності за (5) і (6) та табл. 2 знаходять коефіцієнти: $K = 1,0$; $\alpha = 1,0$; одиницю допуску $i = 18,9$ мм; допуск $\Delta X = 18,9$ мм, граничні відхилення: $\delta x_{sup} = +9.5$ мм і $\delta x_{inf} = -9.5$ мм.

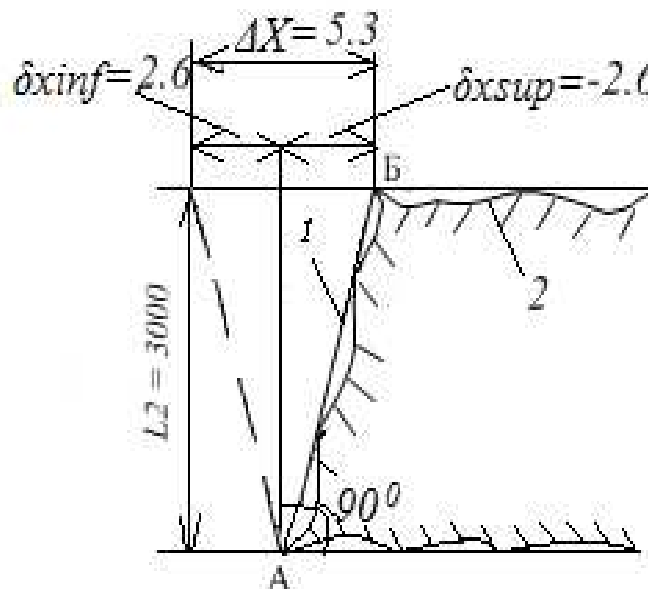
Викривлення площинності визначають від прилеглої площини або від умовної площини, яка проходить через три крайні точки реальної поверхні (рис. 4).

Обчислення величин допусків та граничних відхилень від перпендикулярності.

При ширині панелі $L_2 = 3000$ мм для 4-го класу точності з табл. 2 та за формулами (5) і (6), знаходять: коефіцієнти $\alpha = 0,6$ та $K = 0,6$; одиницю допуску –

$$i = 0.6(0.8 + 0.001\sqrt{3000}) \left(\sqrt[3]{3000 + 25} + 0.01\sqrt[3]{3000^2} \right) = 8.8 \text{ мм}$$

Тоді допуск становить (рис. 5): $\Delta X = K \cdot i = 0.6 \cdot 8.8 = 5.3$ мм, а граничні відхилення: $\delta x_{sup} = +2.6$ мм і $\delta x_{inf} = -2.6$ мм.



- 1 – умовна площина, що проходить через крайні точки (А і Б);
- 2 – реальна поверхня елемента будівельної конструкції.

Рис. 5 – Графічне зображення допуску та відхилень від перпендикулярності граней панелі

Допуск відхилення від перпендикулярності (прямокутності) суміжних поверхонь стінової панелі за заданою довжиною (шириною, рис. 5) визначають за лініями, які проходять через крайні точки А і Б конструкції чи за дотичною лінією на частині її довжини.

Обчислення величин допусків та граничних відхилень від рівності діагоналей (непрямокутності) панелі.

Довжина діагоналей дорівнює 6708 мм (див. вище). Із табл. 2 знаходять коефіцієнти $\alpha=1,0$ і $K = 1,0$. Тоді одиниця допуску дорівнює:

$$i = 1.0(0.8 + 0.001\sqrt{6708})(\sqrt[3]{6733 + 25} + 0.01\sqrt[3]{6708^2}) = 18.9 \text{ мм.}$$

Допуск $\Delta X = K \cdot i = 1.0 \cdot 18.9 = 18.9$ мм, відхилення $\delta x_{sup} = +9.5$ мм і $\delta x_{inf} = -9.5$ мм (рис. 6).

При контролі нерівності діагоналей має виконуватись умова:

$$\Delta X = L_2 - L_1, \text{ тоді при } L_2 = L_1, \Delta X = 0.$$

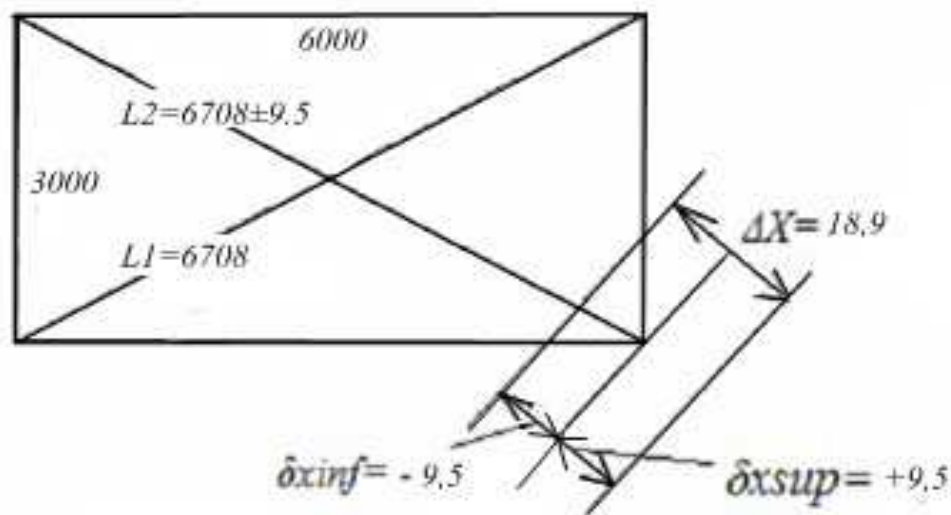


Рис. 6 – Графічне зображення допусків і відхилень від рівності діагоналей елемента (плити) будівельної конструкції

Варіантні вказівки

Для розв'язання задачі кожний студент змінює розмір стінової панелі за довжиною на $\Delta L_D = 100 \cdot N$ мм, де N – номер варіанта.

Наприклад, при $N = 12$, $L_D = 6000 + 12 \cdot 100 = 7200$ мм.

Ширину (висоту) панелі збільшують на $\Delta L_B = 50 \cdot N$ мм.

Тоді $L_B = 3000 + 50 \cdot 12 = 3600$ мм, а товщину панелі ($t = 200$ мм) залишають без змін.

Розрахунки виконують аналогічно наведеному прикладу і супроводжують рисунками із зображенням допусків та відхилень від номіналу відповідно варіанту.

4. Допуски на геодезичні розміточні роботи

Установлення точності розміточних робіт базується на обґрунтованих допусках на виготовлення і монтаж будівельних конструкцій, так як розміточні роботи є складовою частиною технологічного процесу. Розмічення передують монтажу і супроводжують його.

У будівництві розрізняють два види точності геодезичних розміточних робіт:

- точність розмітки споруд відносно місцевих контурів у плані та за висотою;

- точність розмітки в плані та за висотою осей для установлення елементів будівельних конструкцій у проектні положення відносно вихідних осей та висот.

Точність розміточних робіт *першого виду* не впливає на взаємозаміну елементів при їх монтажі. Вона характеризується графічною точністю вихідних планів. При розплануванні комплексу промислових будівель (споруд) точність розміточних робіт першого виду повинна відповідати вимогам технологічності виробничих процесів.

Точність розміточних робіт *другого виду* характеризує *точність установлення елементів конструкцій у проектне положення, виходячи із геометричної (габаритної) взаємозамінності*.

Допуск ΔX та одиниці допуску «і» геодезичних розміточних робіт обчислюють за формулами (табл. 1):

$$\Delta X = K \cdot i \text{ мм}, \quad (12)$$

$$i = \alpha_i \cdot L \text{ мм}, \quad (13)$$

де L – розмір розмічуваного елемента в метрах;

α_i – коефіцієнт, який виражає залежність одиниці допуску «і» мм від відстані « L » м між точками і осями, тобто:

$$\alpha_i = i/L \text{ мм/м.}$$

ГОСТ 21779-82 регламентує значення коефіцієнта та технологічних допусків за видами геодезичних розміточних робіт згідно табл. 3 [3].

Держстандартом передбачено 6 класів точності геодезичних розміточних робіт. Значення коефіцієнтів точності K наведені в табл. 4 [6].

Таблиця 3 – Значення коефіцієнта для різних видів геодезичних розміточних робіт

№ п/п	Вид розмітки	α_i
1	Розмітка точок та осей у плані	1.0
2	Розмітка точок та осей за вертикаллю	0.4
3	Розмітка створних точок	0.25
4	Розмітка висотних позначок (відміток)	0.6
5	Передача висотних позначок (відміток)	0.25
6	Розмітка взаємно перпендикулярних осей	0.4
7	Суміщення орієнтирів	1.6
8	Симетричність	0.6

Найменше значення коефіцієнта $\alpha_i = 0,25$ прийняте для найбільш відповідальних розміточних робіт таких, як передача висотних позначок з одного монтажного горизонту на другий, а також забезпечення створності точок, що впливає, наприклад, на прямолінійність укладки рейок підкранової колії.

Таблиця 4 – Значення коефіцієнта точності K для геодезичних розміточних робіт

Клас точності	1	2	3	4	5	6
Значення K	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5

Точність розміточних робіт характеризують допусками ΔX і граничними відхиленнями δx_{inf} і δx_{sup} .

При передачі точок та осей за вертикаллю в формулі замість розміру L беруть розміри висоти H (h) м споруди.

5. Розрахунок точності виконання геодезичних розміточних робіт

Задача №2. Від вихідного геодезичного пункту А на відстані $L = 80$ м побудована і закріплена точка осі Б. Визначити та графічно зобразити допуски розмічення точки в плані та за вертикаллю при передачі її на 12-й поверх будинку за 3-м класом точності. Висоту поверху взяти $h = 3$ м.

Розв'язання.

Розрахунок допуску на розмічення точки осі Б в плані.

Із табл. 3 і табл. 4 знаходять коефіцієнти: $\alpha_i = 1,0$ і $K = 0,6$.

За формулами (12) та (13) для відстані $L = 80$ м отримують:

- одиницю допуску

$$i = \alpha_i \cdot L = 1.0 \cdot 80 = 80 \text{ мм};$$

- допуск

$$\Delta X = K \cdot i = 0.6 \cdot 80 = 48 \text{ мм};$$

- граничні відхилення

$$\delta x_{sup} = +24 \text{ і } \delta x_{inf} = -24 \text{ мм.}$$

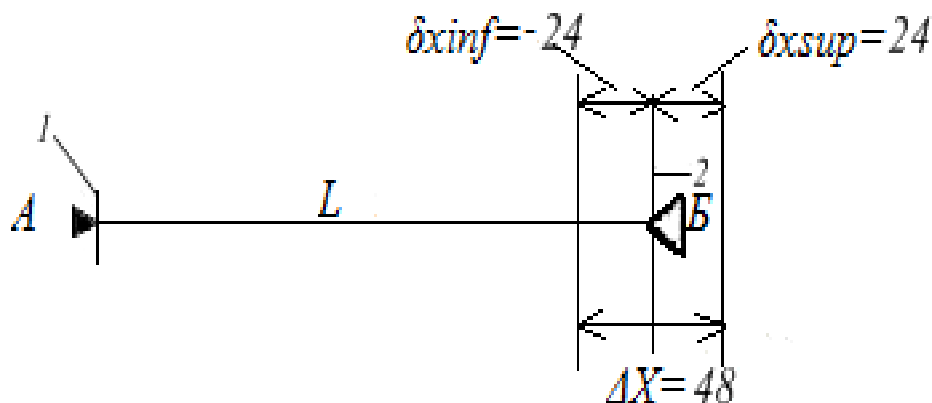
Оскільки $\Delta X = 2\delta x = 2tm$, то при заданій довірчій ймовірності, наприклад, при $p=0.997$, $t=3$ (при $p=0.95$, $t=2$) середня квадратична похибка вимірювань m буде дорівнювати

$$m = \frac{\Delta x}{6} = \frac{48}{6} = 8 \text{ мм.}$$

На рис. 7 – рис. 10 приведені графічні зображення допусків та граничних відхилень для різних видів розмічувальних робіт.

Відносна середня квадратична похибка лінійних вимірів (рис. 7):

$$\frac{1}{T} = \frac{m}{L} = \frac{8}{80000} = \frac{1}{10000}.$$



1 – орієнтир, який приймають за початок відліку (т. А);

2 – орієнтир, який встановлюють в результаті розбивки (т. Б).

Рис. 7 – Графічне зображення допуску та граничних відхилень розмічення точки Б в плані

Розрахунок допусків і граничних відхилень розмічення точки осі Б за вертикаллю.

При висоті поверху $h=3$ м і кількості ($n'=12 - 1 = 11$) монтажних горизонтів, висота передачі точки осі на 12 поверх буде $H = n' \cdot h = 11 \cdot 3 = 33$ м.

Коефіцієнти: $\alpha=0,4$; $K=0,6$ (див. табл. 3 і табл. 4). Тоді одиниця допуску дорівнює

$$i = \alpha \cdot L = 0.4 \cdot 33 = 13.2 \text{ мм},$$

а сам допуск

$$\Delta X = K \cdot i = 0,6 \cdot 13,2 = 7,9 \text{ мм}.$$

Граничні відхилення від вертикалі складуть відповідно:

$$\delta x_{sup} = 4 i \text{ і } \delta x_{inf} = -4 \text{ мм}.$$

Середня квадратична похибка розмічення точки Б за вертикаллю буде:

$$m = \frac{\Delta x}{6} = \frac{7.9}{6} = 1.3 \text{ мм}.$$

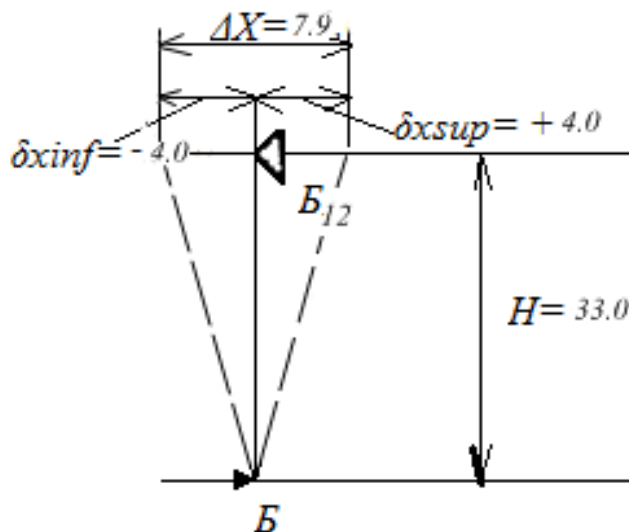


Рис. 8 – Графічне зображення допуску і граничних відхилень розмітки точки осі Б за вертикаллю

Варіантні вказівки.

В умові задачі відстань збільшують (або зменшують) на $\Delta L = 2 \cdot N$ метрів. Число поверхів приймають $n = 3 + N$ при їх висоті $h_n = 3$ м. Клас точності розмічення точок приймають від 2 до 5.

Задача № 3. Обчислити точність розмітки створових точок 1 та 2 осі АВ за 3-м класом точності на відстанях (від т. А) $L_1 = 41$ м та $L_2 = 55$ м.

Точки і допуски схематично показати на рисунку.

Розв'язання.

З табл. 3 і табл. 4 знаходять коефіцієнти $\alpha = 0,25$ та $K = 0,60$.

За формулами (12) та (13) обчислюють допуски ΔX_i і граничні відхилення δx_i :

$$i_1 = \alpha \cdot L_1 = 0,25 \cdot 41 = 10,3 \text{ мм},$$

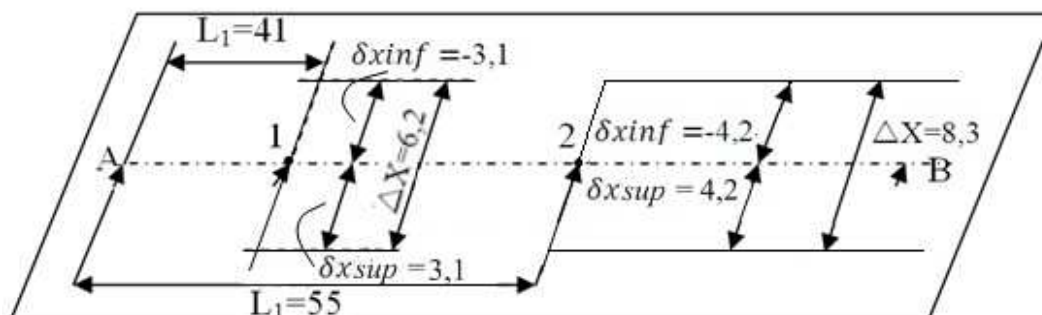
$$i_2 = \alpha \cdot L_2 = 0,25 \cdot 55 = 13,8 \text{ мм},$$

$$\Delta x_1 = K \cdot i_1 = 0,6 \cdot 10,3 = 6,2 \text{ мм},$$

$$\Delta x_2 = K \cdot i_2 = 0,6 \cdot 13,8 = 8,3 \text{ мм}.$$

$$\delta x_{1sup} = 3.1, \delta x_{1inf} = -3.1,$$

$$\delta x_{2sup} = 4.2, \delta x_{2inf} = -4.2 \text{ мм}.$$



т. А і Б – орієнтири, які приймають за початок відліку;

т. 1 і 2 – орієнтири, які встановлюють в результаті розмітки.

Рис. 9 – Графічне зображення допусків та граничних відхилень розмітки створних точок 1 і 2 від створа АВ

Тоді середня квадратична похибка розмічення точок 1 і 2 складе (при $p = 0,997$):

$$m_1 = \frac{\Delta x_1}{6} = \frac{6.2}{6} = 1 \text{ мм}, \quad m_2 = \frac{\Delta x_2}{6} = \frac{8.3}{6} = 1.4 \text{ мм}.$$

Варіантні вказівки.

В умові задачі відстань до створових точок 1 та 2 збільшується на $\Delta L = 2 \cdot N$ метрів, а клас точності розмічення змінюється на 2-й або 4-й.

Задача № 4. Від репера вихідної висотної основи передати висоту (позначку) на репер «нульового» монтажного горизонту з граничною похибкою $\delta x = 10$ мм, що знаходиться на відстані $L = 50$ м. Визначити клас точності висотних розміточних робіт. За розрахованим класом точності винести висотний маяк на 9-й монтажний горизонт.

Висоту поверху взяти $h_n = 3$ м.

Розрахунок допуску розмічення висотної позначки точки Б «нульового» монтажного горизонту (1-го поверху).

При симетричному розподілі похибок вимірів висотної позначки т. Б допуск дорівнює

$$\Delta x = 2\delta x = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мм.}$$

Згідно табл. 3 коефіцієнт $\alpha_i = 0,25$. При $L = 50$ м обчислюють одиницю допуску: $i = \alpha \cdot L = 0,25 \cdot 50 = 12,5$ мм.

Тоді розрахований коефіцієнт класу точності передачі висотної позначки буде дорівнювати

$$K = \frac{\Delta x}{i} = \frac{20}{12,5} = 1,6.$$

Згідно табл. 4 знаходять, що це відповідає 5-му класу точності геодезичних розміточних робіт.

Розрахунок допуску винесення позначки висотного маяка на 9-й монтажний горизонт (10-й поверх).

При $h_n = 3$ м та кількості поверхів $n = 10$ висота передачі складе:

$$H = h \cdot (n - 1) = 3 \cdot (10 - 1) = 27 \text{ м.}$$

З табл. 3 знаходять значення коефіцієнта $\alpha_i = 0,6$.

Тоді

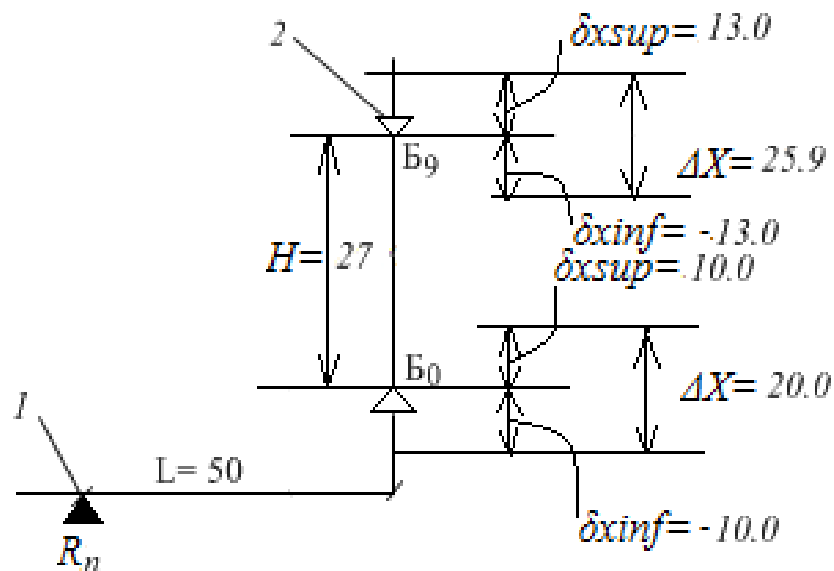
$$i = \alpha \cdot H = 0,6 \cdot 27 = 16,2 \text{ мм;}$$

$$\Delta x = K \cdot i = 1,6 \cdot 16,2 = 25,9 \text{ мм;}$$

$$\delta x_{\text{sup}} = 13 \text{ і } \delta x_{\text{inf}} = -13 \text{ мм.}$$

Необхідно пам'ятати, що для переходу до других нормативних характеристик точності слід користуватися наступною залежністю між допуском ΔX , симетричними граничними відхиленнями $\delta x_{Гр}$ і середньою квадратичною похибкою m (наприклад, при $p = 0,997$):

$$\Delta x = 2 \delta x_{Гр} = 2tm = 6m. \quad (13)$$



- 1 – орієнтир, який приймають за початок відліку (репер);
- 2 – орієнтири, які встановлюють в результаті розбивки.

Рис. 10 – Графічне зображення допуску та граничних відхилень передачі та розмічення висотних позначок

Допуски в ГОСТ 21779-82 диференційовано нормовані за шістьма класами точності і для різних відстаней (висот) до розмічуваних осей або горизонтів [5].

Середня квадратична похибка m розмітки висотної позначки (рис. 10) дорівнює:

$$m = \frac{\Delta x}{6} = \frac{25.9}{6} = 4.3 \text{ мм.}$$

Варіантні вказівки.

В умові задачі відстань збільшують на $\Delta L = 2 \cdot N$ метрів, а висоту поверху обчислюють за виразом $h = 2,8 + 0,01 \cdot n$. Кількість поверхів беруть $n = 5 + N$, де N – номер варіанта.

6. Допуски на будівельно-монтажні роботи

Монтаж будівельних конструкцій виконують суміщенням їх у плані та за висотою відносно точок ліній або площин, винесених на поверхні будівельних конструкцій при виконанні геодезичних розміточних робіт.

ГОСТ 21779-82 встановлює два види монтажних допусків:

- на суміщення орієнтирів (рисок на вихідній поверхні та на монтованому елементі);
- на симетричність взаємного встановлення вихідного і монтованого елементів.

Одиницю допуску i обчислюють за формулою:

$$i = \alpha(0,8 + 0,001\sqrt{L}) \cdot (\sqrt[3]{L + 25} + 0,01\sqrt[3]{L^2}) \quad (14)$$

величину допуску:

$$\Delta X = i \cdot K, \quad (15)$$

де L – відстань між орієнтирами, мм;

α – коефіцієнт, що дорівнює 1,60 при розрахунку допусків на суміщення орієнтирів ($\alpha = 0,6$ – при симетричності встановлення елементів для всіх класів точності монтажних робіт).

Стандартом встановлено шість класів точності для монтажних робіт.

Значення коефіцієнтів наведено в табл. 5.

Таблиця 5 – Значення коефіцієнтів K для монтажних робіт

Клас точності	1	2	3	4	5	6
Коефіцієнт K	0,25	0,40	0,60	1,00	1,60	2,50

Симетричність монтажу елементів передбачає варіанти суміщення:

- осей симетрії двох конструкцій;
- осей конструкції з віссю створу;
- осей двох створів (з перекриттям так і з щілинами).

Наведені допуски будівельно-монтажних робіт характеризують точність монтажу елементів конструкції після їх закріплення. Якщо тимчасово закріплюють елемент, точність монтажу беруть на 1-2 класи вищою, залежно від способу кріплення.

7. Розрахунок допусків на будівельно-монтажні роботи

Задача № 5. Розрахувати допуски та граничні відхилення на монтаж в плані та за вертикаллю. Монтаж проводиться за 2-м класом точності.

Висота панелі $h_n = 3000$ мм. Відстань між орієнтирами на монтажному горизонті та на панелі $l = 100$ мм.

Розв'язання.

Розрахунки виконують за формулами (14) і (15) з використанням даних таблиці 5.

Допуск на суміщення рисок на монтажному горизонті та панелі при $\alpha=1,6$ і $K=0,40$ дорівнює: $\Delta X = K \cdot i = 0,4 \cdot 6,8 = 2,7$ мм.

$$i = 1,6(0,8 + 0,001\sqrt{100}) \cdot (\sqrt[3]{100 + 25} + 0,01\sqrt[3]{100^2}) = 6,8 \text{ мм}$$

Граничні відхилення: $\delta x_{inf} = -1,4$ мм і $\delta x_{sup} = +1,4$ мм.

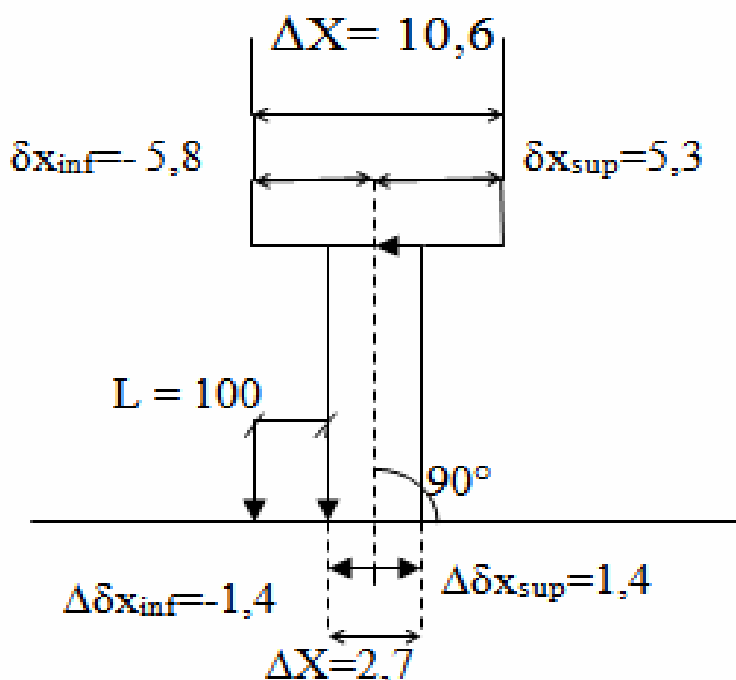


Рис. 11 – Графічне зображення допуску та граничних відхилень монтажу стінової панелі в плані та за вертикаллю

Допуск на установку панелі за вертикаллю розглядають як суміщення орієнтирів під кутом 90° на висоті $h_n = 3000$ мм. (рис. 11).

Тоді

$$i = 1,6(0,8 + 0,001\sqrt{3000}) \cdot (\sqrt[3]{3000 + 25} + 0,01\sqrt[3]{3000}) = 26,5 \text{ мм},$$

$$\Delta X = K \cdot i = 0,4 \cdot 26,5 = 10,6 \text{ мм},$$

$$\delta x_{inf} = -5,3 \text{ мм}, \quad \delta x_{sup} = +5,3 \text{ мм}.$$

Середні квадратичні похибки монтажу стінової панелі становлять:

$$\text{низ} - m_n = \frac{\Delta X}{6} = \frac{2,7}{6} \approx 0,5 \text{ мм},$$

$$\text{верх} - m_b = \frac{\Delta X}{6} = \frac{10,6}{6} \approx 1,8 \text{ мм}.$$

Варіантні вказівки. В умові задачі відстань l збільшується на $\Delta l = 2N$ мм, а висота панелі приймається $h_n = 3000 + 100N$ мм, де N – номер варіанта.

Задача 6. Визначити клас точності монтажу ліфтової шахти із збірних залізобетонних блоків, якщо допуск на симетричність взаємної їх установки дорівнює $\Delta X = 6,0$ мм при $L=1600$ мм.

Розв'язання.

З формули (15) коефіцієнт точності обчислюють як

$$K = \frac{\Delta X}{i}$$

При $\alpha=0,6$ (симетричність) та $L= 1600$ мм за формулою (14), отримують одиницю допуску

$$i = 0,6(0,8 + 0,001\sqrt{1600}) \cdot (\sqrt[3]{1625} + 0,01\sqrt[3]{1600^2}) = 6,6 \text{ мм}.$$

$$\text{Тоді } K = \frac{6,0}{6,6} = 0,91.$$

Згідно табл. 4 знаходять, що симетричність взаємної установки збірних блоків ліфтової шахти (рис. 12) має виконуватись за 4-м класом точності.

Варіантні вказівки. Розмір L блоків ліфтової шахти приймають $L_i = 1600 + 50 \cdot N_i$ мм, а допуск на симетричність взаємної установи елементів $\Delta X_i = 4 + 0,5 \cdot N_i$ мм.

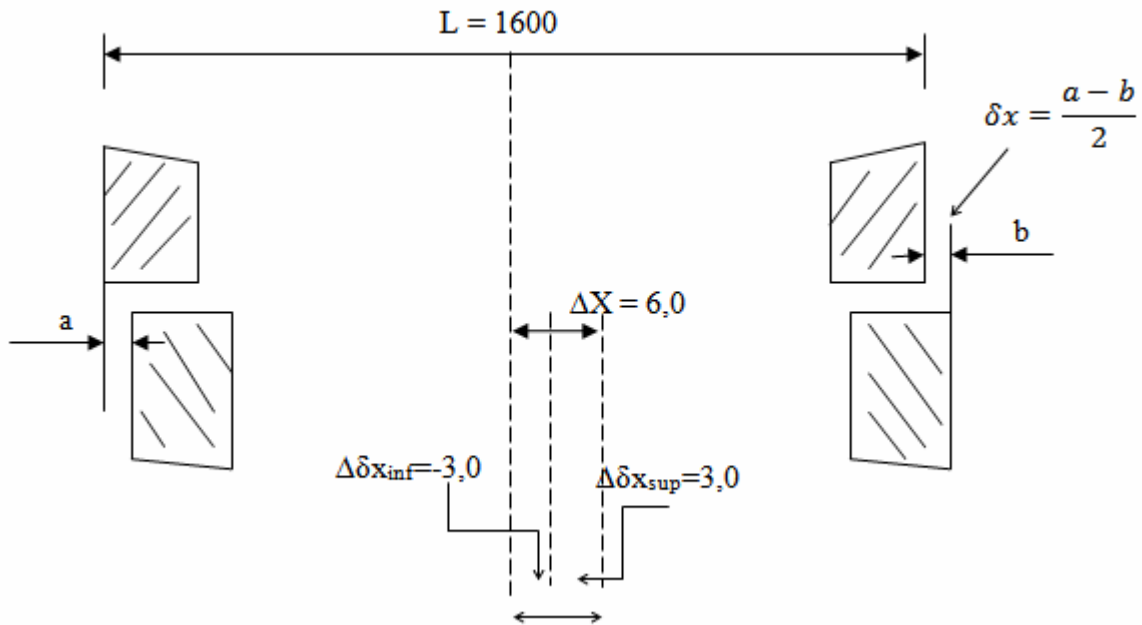


Рис. 12 – Графічне зображення допуску та граничних відхилень симетричності монтажу блоків ліфтової шахти

8. Розрахунок точності сполучення будівельних конструкцій

В цій частині методичних вказівок наводяться варіанти розв'язання задач на різні види сполучення елементів будівельних конструкцій [6, 9, 11].

Розрахунок точності геометричних параметрів виконують на стадії проектування інженерних споруд на основі вимог ГОСТ 21780-83 «Розрахунок точності».

Основою розрахунку є функціональні вимоги до конструкцій будівель і споруд та дані про точність технологічних процесів будівельного виробництва.

Розрахунки точності сполучень будівельних конструкцій виконують із застосуванням теорії розмірних ланцюгів, характеризують номінальними значеннями, допусками і допустимими граничними відхиленнями.

Методика розрахунку може бути:

- **прямою**, коли за відомими характеристиками точності складових ланок розмірного ланцюга знаходять допуск на розмір замикаючої ланки;
- **оберненою**, коли за встановленим допуском результуючого параметра обчислюють точність складових параметрів.

Обчислення точності геометричних параметрів у будівництві має забезпечити мінімальні трудові і матеріальні затрати на будівництво інженерних споруд.

Потрібно брати за величиною максимально можливі значення допусків, виходячи з умов повної збірності конструкції.

Взаємозв'язок номінальних розмірів у розмірному ланцюгу виражається рівнянням:

$$X = \sum_i^r C_i \cdot x_i, \quad (16)$$

де X – замикаюча ланка (результуючий параметр);

x_i – складові ланки;

C_i – коефіцієнт, який характеризує залежність між замикаючою та складовою ланками.

Розрахунок точності розмірних ланцюгів виконують:

а) методом «максимуму-мінімуму» (повної взаємозаміни).

Тоді допуск результуючого параметра обчислюють за формулою [6]

$$\Delta X = \sum_i^n C_i \cdot \Delta x_i; \quad (17)$$

б) ймовірнісним методом.

Тоді допуск результуючої ланки обчислюють за формулою

$$\Delta X = \sqrt{\sum_i^n C_i^2 \cdot \Delta x_i^2}. \quad (18)$$

Метод «максимуму-мінімуму» рекомендується застосовувати при кількості складових ланок до трьох.

На стадії проектування, коли відомо допуск на замикаючу ланку, обчислення точності геометричних параметрів може виконуватись оберненим методом. При цьому враховуємо, що на допуск ланки, що замикається, впливають похибки: виготовлення елементів конструкцій, геодезичних розмічувальних та монтажних робіт. Їх відповідно характеризують стандартами $\sigma_B, \sigma_Z, \sigma_M$, граничними відхиленнями $\delta x_B, \delta x_Z, \delta x_M$ або допусками $\Delta x_B, \Delta x_Z, \Delta x_M$.

Коли між розмічувальними рисками (окремих монтажних ділянок) знаходяться n -монтажних елементів, то граничне відхилення замикаючої ланки конструкції δx_3 визначають за формулою:

$$\delta x_3 = \sqrt{\delta x_z^2 + \sum_1^n \delta x_B^2 + \sum_1^n \delta x_M^2}. \quad (19)$$

Якщо елементи що сполучаються, рівні геометричними параметрами і одного класу точності, то

$$\delta x_z = \sqrt{\delta x_z^2 + n\delta x_e^2 + n\delta x_m^2}. \quad (20)$$

У способі прямого розрахунку за відомих граничних відхилень на окремі технологічні процеси граничні відхилення на замикаючу ланку обчислюють за формулами (19) і (20).

У способі оберненого розрахунку можна виконати наближене обчислення, враховуючи передбачення рівного впливу похибок усіх технологічних процесів, тобто

$$\delta x_z = \delta x_e = \delta x_m = \delta x_z / \sqrt{2n + 1}. \quad (21)$$

Більш точним буде розрахунок з врахуванням ступеня впливу геометричних параметрів і класу точності окремих технологічних процесів.

Геодезичні розмічувальні роботи у процесі будівництва повинні забезпечувати винесення в натуру від пунктів геодезичної розмічувальної основи (шляхом геодезичних побудов та вимірів) осей і позначок, які відповідають проекту їх положення в плані та за висотою всіх елементів конструкцій будівель та споруд.

Точність геодезичних розмічувальних робіт встановлюється залежно від висоти споруд та їх конструкцій, способів виконання сполучень, з'єднань вузлів.

Ця точність приведена в будівельних нормах і правилах БНіП 3.01.03-84 «Геодезичні роботи в будівництві».

Для зручності виконання розмічувальних робіт в них приведені граничні відхилення

$$\delta x = \pm tm, \quad (22)$$

де m – середня квадратична похибка, що вибирається з таблиць;

t – параметр, що вибирається з таблиць функції Лапласа і для заданих довірчих ймовірностей «р».

Задача №7. Розмірний ланцюг складається із $n=4$ ланок однакового розміру $l = 6000$ мм. Визначити допуски на виготовлення, розміточні та монтажні роботи за принципом рівного впливу в теоретико-ймовірнісному методі та за методом «максимуму-мінімуму». Граничне відхилення на

замикаючу ланку становить $\delta_3 = 6 \text{ мм}$.

Розв'язання.

У теоретико-ймовірнісному методі за формулою (21), виконуємо наближене обчислення (рівний вплив похибок усіх технологічних процесів)

$$\delta_r = \delta_b = \delta_m = \delta_3 / \sqrt{2n + 1} = 6 / \sqrt{8 + 1} = 6 / 3 = 2 \text{ мм}.$$

У методі «максимуму-мінімуму» в разі рівності ланок отримаємо

$$\delta_r = \delta_b = \delta_m = \frac{\delta_3}{2n + 1} = \frac{6}{9} = 0.67 \text{ мм}.$$

Задача № 8. Розрахувати допуск на розмір зазору компенсатора для двох стінових панелей довжиною 6000 мм. Виготовлення, розмічення осей та монтаж виконуються за 3-м класом точності (рис. 13).

Розрахункові формули:

- рівняння розмірного ланцюга

$$S_k = L - L_1 - L_2; \quad (23)$$

- допуск ланки компенсатора

$$\Delta S^2 = \Delta L^2 + \Delta L_1^2 + \Delta L_2^2; \quad (24)$$

- допуск розміру ланки залежить від точності геодезичних розмічувальних робіт. Із табл. 3 коефіцієнти дорівнюють: $\alpha=1,0$; $K=0,6$.

За формулами (12) і (13) маємо:

$$\Delta L = K \cdot \alpha \cdot L = 0.6 \cdot 1.0 \cdot 12.0 = 7.2 \text{ мм}.$$

Розмір $L = L_1 + L_2 = (6000 + 6000) \text{ мм}$.

Похибка розмірів L_1 та L_2 залежить від технології виготовлення елементів та монтажу стінових панелей.

- допуск на виготовлення панелей обчислюють за формулою:

$$\Delta L_{1,2 \text{ виг}} = K \cdot \alpha (0.8 + 0.001\sqrt{L}) \cdot \left(\sqrt[3]{L + 25} + 0.01\sqrt[3]{L^2} \right),$$

де L – довжина стінової панелі $L_1 = L_2 = L = 6000 \text{ мм}$.

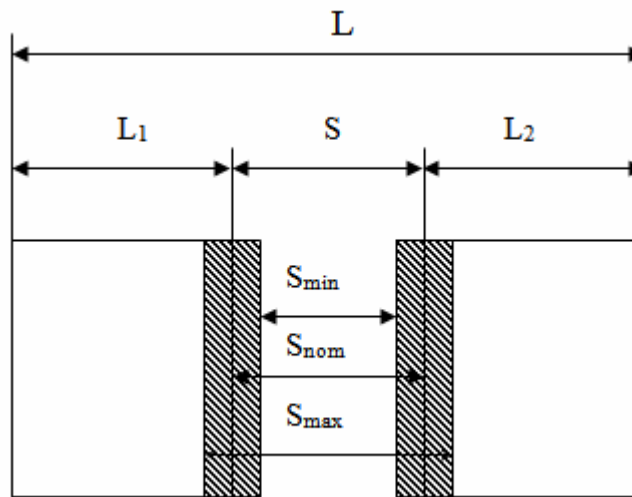


Рис. 13 – Сполучення двох стінових панелей

Значення коефіцієнтів K та α вибирають із табл. 1: $K=0,25$; $\alpha=1,0$;
 - допуск на монтаж панелей:

$$\Delta L_{1,2\text{ м}} = K \cdot \alpha (0.8 + 0.001\sqrt{L}) \cdot (\sqrt[3]{L+25} + \sqrt[3]{L^2}),$$

де $L=100$ мм – відстань панелей від розмічувальних осей;
 $\alpha=1,6$ (суміщення орієнтирів);
 K – коефіцієнт точності $K=0.6$ (табл. 3).

При $\Delta L_1 = \Delta L_2$: $\Delta L_{1,2} = \sqrt{\Delta L_{1,2\text{ виг.}}^2 + \Delta L_{1,2\text{ м.}}^2}$.

Після підстановки маємо:

$$\Delta L_{1,2\text{ виг.}} = 0.25 \cdot 18.9 = 4.7 \text{ мм}; \Delta L_{1,2\text{ м.}} = 0.6 \cdot 6.8 = 4.1 \text{ мм};$$

$$\Delta L_{1,2} = \sqrt{4.7^2 + 4.1^2} = 6.2 \text{ мм};$$

- допуск на розмір зазору компенсатора ΔS_k дорівнює:

$$\Delta S_k = \sqrt{\Delta L^2 + 2\Delta L_{1,2\text{ виг.}}^2 + 2\Delta L_{1,2\text{ м.}}^2} = \sqrt{7.2^2 + 2 \cdot 4.7^2 + 2 \cdot 4.1^2} = 11.4 \text{ мм}$$

Варіантні вказівки: Розмір стінової панелі приймають за довжиною $L_{1,2} = 6000 + 100 \cdot N_{\text{с}}$ а клас точності $K=2+0,1N_{\text{с}}$ (з округленням до цілого числа).

Задача № 9. Розрахувати допуск на розмір зазорів компенсаторів при сполученні 4-ох стінових панелей. Розміри панелей і клас точності виконання робіт беруть із задачі 7 (рис. 14).

Розрахункові формули:

- рівняння розмірного ланцюга для n панелей:

$$S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} = L - L_1 - L_2 - \dots - L_n. \quad (25)$$

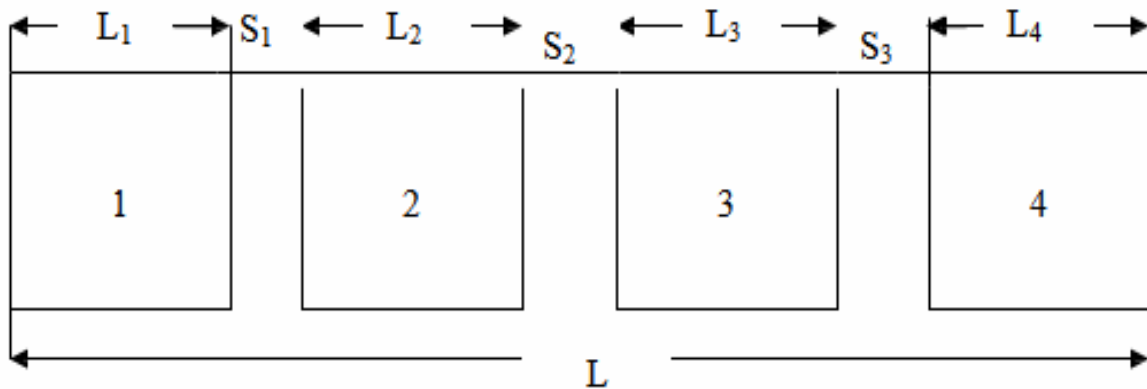


Рис. 14 – Сполучення 4-х стінових панелей

Тоді

$$\Delta S_1^2 + S_2^2 + \dots + \Delta S_{n-1}^2 = \Delta L^2 + \Delta L_1^2 - \Delta L_2^2 + \dots + \Delta L_n^2. \quad (26)$$

Приймаючи, що

$$\Delta S_1 = \Delta S_2 = \dots = \Delta S_{n-1} = \Delta S,$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_2 = \dots = \Delta L_n = \Delta L_0,$$

отримують, що

$$(n-1)\Delta S^2 = \Delta L^2 + n \cdot \Delta L_0^2. \quad (27)$$

- допуск на розмір між розміточними осями обчислюють за (12) формулою (при n=4, $L_0 = 6.0$ м):

$$\text{розмір } L = n \cdot L_0 = 4 \cdot 6.0 = 24.0 \text{ мм},$$

$$\text{допуск } \Delta L = 0.6 \cdot 1.0 \cdot 24.0 = 14.4 \text{ мм}.$$

- допуски складових розмірів ΔL_0 обчислюють за формулами (26) і (27) та вибирають із задачі 8:

$$\Delta L_{1-4 \text{ мм}} = 4.7 \text{ мм}; \quad \Delta L_{1-4 \text{ м}} = 4.1 \text{ мм}; \quad \Delta L_0 = 6.2 \text{ мм}.$$

Із формули (27) допуск на розмір зазору компенсатора дорівнює

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\Delta L^2 + n \cdot \Delta L_0^2}{n-1}}. \quad (28)$$

Підставивши вищенаведені дані отримуємо, що

$$\Delta S = \sqrt{\frac{14,4^2 + 4 \cdot 6,2^2}{4-1}} = 11,0 \text{ мм.}$$

Відповідь: в конкретному випадку допуск на розмір зазору компенсатора складає 11,0 мм.

Варіантні вказівки Розмір (довжину) стінової панелі беруть за варіантом N: $L_{1,n} = 6000 + 100 \cdot N$ мм, клас точності K=2+0,1 N з округленням до цілого числа.

Задача № 10. Розрахувати допуск на розмір довжини площини обпирання балки на консоль колони. Виготовлення елементів конструкції, геодезичні розміточні і монтажні роботи ведуть 4-м класом точності. Довжина прогону дорівнює L=6000 мм, висота колон $H_K = 12000$ мм, розміри розрізу колон: 600×400.

Розв'язання.

Рівняння розмірного ланцюга (рис. 15)

$$L = X - 2S + 2\varphi.$$

Звідси

$$S = \varphi - 0,5 \cdot (L - X). \quad (29)$$

Допуск розміру « φ » залежить від точності виготовлення колон. Його обчислюють за формулами (5) і (6) (при $\varphi = 600/2 = 300$ мм).

$$\Delta L_{\varphi} = K \cdot i;$$

$$i = 1,0(0,8 + 0,001\sqrt{300}) \cdot \left(\sqrt[3]{300+25} + 0,01\sqrt[3]{300^2} \right) = 6,0 \text{ мм.}$$

$$\Delta L_{\varphi} = 0,40 \cdot 6,0 = 2,4 \text{ мм.}$$

Значення коефіцієнтів: K=0,40 і $\alpha = 1,0$ беруть із табл. 1.

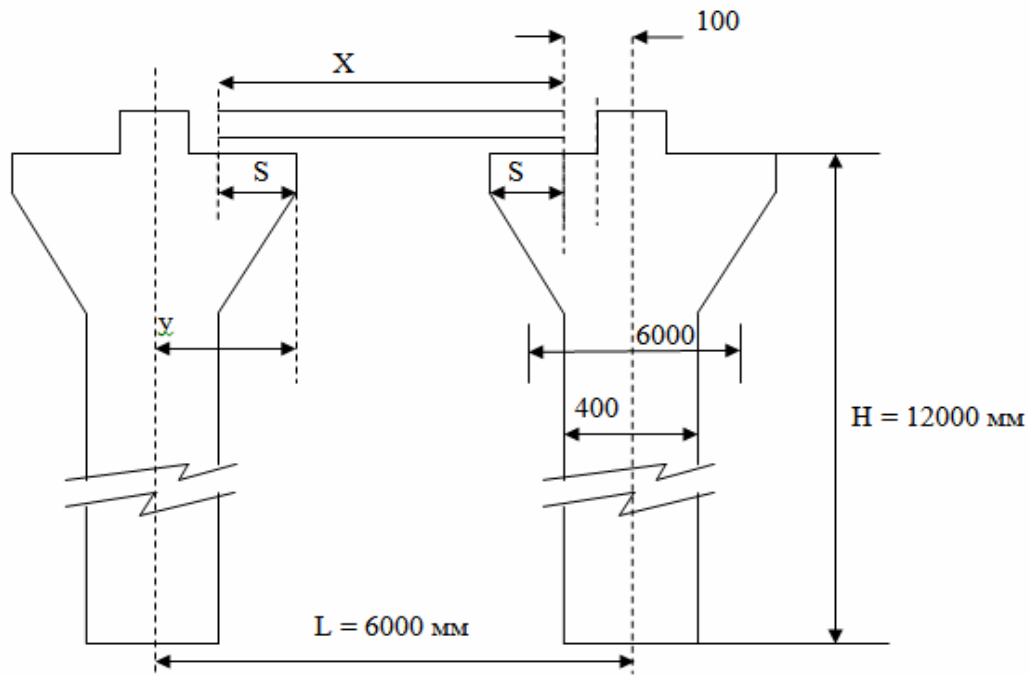


Рис. 15 – Схема сполучення елементів конструкції (площин обпирання)

Допуск розміру L є функцією:

- точності геодезичної розмітки осей між колонами ΔL_z , який обчислюють за формулами (12) і (13) та табл. 3. (при $L = 6,0$ м; $\alpha = 1,0$; $K = 1,0$)

$$\Delta L_p = \Delta X = K \cdot \alpha \cdot L = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 6,0 = 6,0 \text{ мм};$$

- точності монтажу колони в плані ΔL_m . Допуск ΔL_m обчислюють за формулами (14) і (15) (при відстані між рисками на монтажному горизонті та вертикальною гранню колони, рівною $L_m = 100$ мм. та $K = 1,0$; $\alpha = 1,6$ (з табл. 3) суміщення орієнтирів).

Тоді

$$i = 1,6 (0,8 + 0,001 \sqrt{100}) \cdot (\sqrt[3]{100 + 25} + 0,01 \sqrt[3]{100^2}) = 6,8 \text{ мм},$$

$$\Delta L_m = \Delta X = K \cdot i = 1,0 \cdot 6,8 = 6,8 \text{ мм};$$

- точності установки колони за вертикаллю ΔL_v .

Допуск ΔL_v обчислюють за формулами (14) і (15) (при $H = L = 12000$ мм, $K = 1,0$; $\alpha = 1,6$ (з табл. 3)).

Тоді

$$\Delta L_v = K \cdot i,$$

$$i = 1,6 (0,8 + 0,001 \sqrt{12000}) \cdot (\sqrt[3]{12000 + 25} + 0,01 \cdot \sqrt[3]{12000^2}) = 41,0 \text{ мм}.$$

$$\Delta L_{\text{в}} = 1.0 \cdot 41.0 = 41.0 \text{ мм.}$$

При встановленні двох колон отримують допуск ΔL .

$$\Delta L^2 = \Delta L_{\text{с}}^2 + 2\Delta L_{\text{м}}^2 + 2\Delta L_{\text{в}}. \quad (30)$$

Тоді

$$\Delta L = \sqrt{6,0^2 + 2 \cdot 6,8^2 + 2 \cdot 41,0^2} = 59,0 \text{ мм.}$$

Допуск розміру X є функцією:

- точності встановлення балки за довжиною $\Delta X_{\text{сиз}}$.

Допуск $\Delta X_{\text{сиз}}$ обчислюють за формулами (5) і (6) та даними табл. 2 (при $X=L - 400=6000 - 400=5600$ мм):

$$\Delta X_{\text{виг}} = K \cdot i;$$

$$\Delta X_{\text{виг}} = 0.4 \cdot 1.6(0.8 + 0.001\sqrt{5600}) \cdot (\sqrt[3]{5600 + 25} + 0.01\sqrt[3]{5600^2}) = 11.7 \text{ мм};$$

- точності монтажу балки $\Delta X_{\text{м}}$. При цьому допуск обчислюють за формулами (14) і (15) та даними табл. 4 (при $L=100$ мм; $K=1,0$; $\alpha=1,6$).

Тоді

$$i = 1.6(0.8 + 0.001\sqrt{100}) \cdot (\sqrt[3]{100 + 25} + \sqrt[3]{100^2}) = 6,8 \text{ мм,}$$

$$\Delta X_{\text{м}} = K \cdot i = 1,0 \cdot 6,8 = 6,8 \text{ мм.}$$

Допуск розміру X становитиме:

$$\Delta X^2 = \Delta X_{\text{сиз}}^2 + \Delta X_{\text{м}}^2;$$

$$\Delta X = \sqrt{\Delta X_{\text{сиз}}^2 + \Delta X_{\text{м}}^2} = \sqrt{11,7^2 + 6,8^2} = 13,5 \text{ мм.}$$

Допуск площини обпирання за довжиною складе:

$$\Delta S_0^2 = \Delta L_b^2 + 0.25\Delta L^2 + 0.25\Delta X^2, \quad (31)$$

$$\Delta S_0 = \sqrt{\Delta L_b^2 + 0.25\Delta L^2 + 0.25\Delta X^2}, \quad (32)$$

$$\Delta S_0 = \sqrt{2.4^2 + 0.25 \cdot 59^2 + 0.25 \cdot 13.5^2} = 30.3 \text{ мм.}$$

Висновок: розрахований допуск на розмір довжини площини обпирання балки на консоль колони складає $\Delta S_0 = 30.3 \text{ мм}$. Виготовлення елементів, геодезичне розмічення і монтаж елементів конструкції ведуть за 4-м класом точності.

Варіантні вказівки. В умові задачі довжина прогону збільшується на $\Delta l = 100 \cdot N_{\text{с}}$ мм, а висота колон зменшується на таку ж величину, тобто на $\Delta H = 100 \cdot N_{\text{с}}$ мм. Клас точності всіх робіт взяти від 2 до 5-ти.

Задача № 11. Розрахувати допуск при монтажі $(4+N)$ колон висотою $h = 3000$ мм за вертикаллю. Роботи виконуються за 3-м класом точності. Відстань між монтажними рисками і гранню колон становить $L = 100$ мм.

Розрахункові формули [12 – 16]:

- при проектуванні довжини колон h_k на вісь X отримують рівняння розмірного ланцюга (рис.16):

$$X = X_1 + X_2 + \dots + X_n, \quad (33)$$

де $X_i = h_k \sin \alpha_i$.

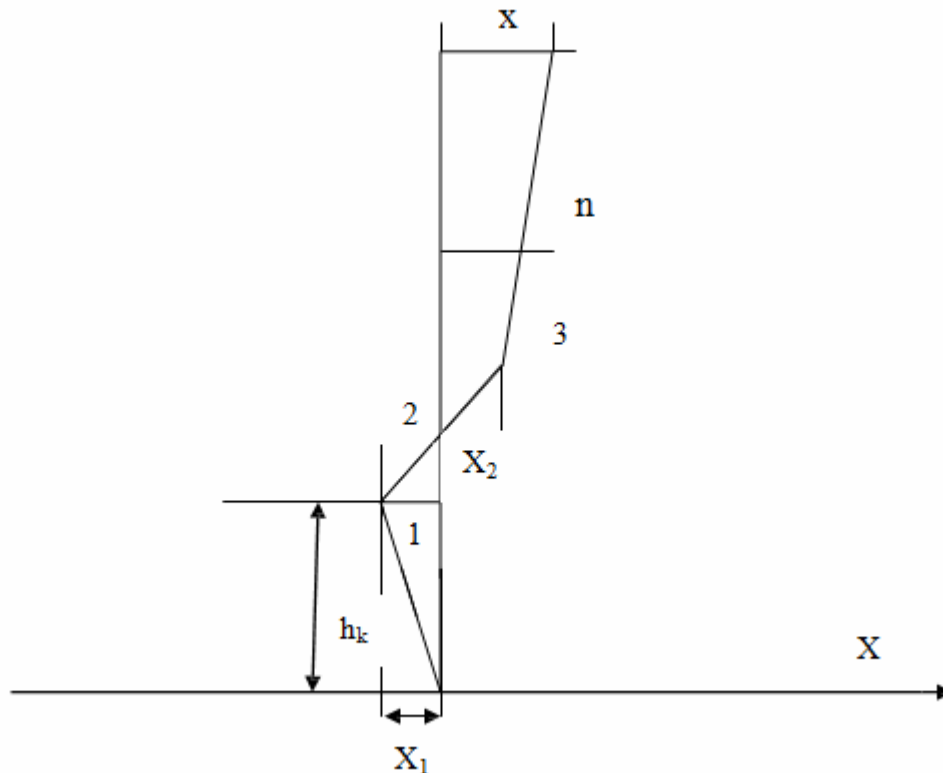


Рис. 16 – Схема монтажу колон за вертикаллю

Тут маємо складові ланки однакового розміру h_k ;

- допуск встановлення n колон за вертикаллю (відхилення від прямовисної лінії):

$$\Delta X^2 = \Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \dots + \Delta X_n^2; \quad (34)$$

- допуск на установку n колон за вертикаллю (при $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \dots = \Delta x_n$) буде

$$\Delta x = \Delta x_i \sqrt{n}; \quad (35)$$

- допуск встановлення кожної колони залежить:

1) від точності монтажу колон по низу – Δx_m .

Обчислюють за формулами (14) і (15) та табл. 4 (при відстані між монтажними рисками $L=100$ мм за вертикаллю, та $\alpha=1,6$);

2) від точності установки кожної колони за вертикаллю Δx_s . Допуск обчислюють при заданій висоті колон h_k за формулами (14) і (15) та табл. 4.

Тоді

$$\Delta x_i^2 = \Delta x_m^2 + \Delta x_s^2; \quad \Delta x_i = \sqrt{\Delta x_s^2 + \Delta x_m^2}. \quad (36)$$

Неточністю виготовлення колон [17], тобто їх габаритами, можна знехтувати;

- допуск на установку « n » колон при $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \dots = \Delta x_n$ відповідно буде

$$\Delta x = \Delta x_i \sqrt{n}. \quad (37)$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

(включаються в контрольні роботи)

Для студентів денної форми навчання за семестр проводиться 3 контрольні роботи, в які включаються запитання за нижче приведеними темами.

Студенти заочної форми навчання відповідають в контрольній роботі письмово на одне запитання з кожної з нижче наведених тем.

Номер запитання відповідає останній цифрі номера залікової книжки, якщо «0» – запитання «10».

Тема № 1. Основи метрології

1. Суб'єкт, об'єкт та завдання метрології.
2. Правові основи метрології в Україні.
3. Структура державної метрологічної служби України та її основні функції.
4. Основні терміни з метрології та їх визначення.

5. Основні цілі й завдання метрологічного забезпечення єдності і точності вимірювань.
6. Загальні поняття про еталони та їх призначення. Класифікація основних еталонів.
7. Поняття фізичної величини і її одиниці.
8. Міжнародна система одиниць (СІ). Основні, похідні і кратні одиниці системи СІ.
9. Державний і відомчий метрологічний контроль і нагляд. Хто його здійснює?
10. Міжнародні організації з метрології.
11. Коли метрична система мір була введена в дію в нашій державі? Яка її перевага в порівнянні з попередньою?
12. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки (види і порядок).
13. Які умови експлуатації засобів вимірювання приймають за нормальні?
14. Що таке повірочна схема і де її використовують?

Тема № 2. Допуски в будівництві

1. Що таке допуск і поле допуску? Поняття одиниці допуску і коефіцієнта точності.
2. Поняття про технологічні і функціональні допуски.
3. Номенклатура технологічних допусків збірних конструкцій.
4. Як виконується розрахунок точності виготовлення елементів збірних будівельних конструкцій?
5. Як визначається допуск на геодезичні розмічувальні роботи на будівельному майданчику?
6. Як визначається допуск на будівельно-монтажні роботи в плані та за висотою?
7. Поняття про розмірні ланцюги, їх види, ланки і призначення.
8. Як виконується розрахунок точності геометричних параметрів будівельних конструкцій прямим і оберненим способом?
9. Як визначається допуск на розмічувальні та монтажні роботи за принципом рівного впливу в теоретико-ймовірнісному способі (з використання розмірних ланцюгів)?
10. Як визначається допуск на розмічувальні роботи методом «максимум-мінімум»?
11. Осі споруд (будинків), їх розмічування та закріплення на

будівельному майданчику.

12. Способи передачі точок осей і відміток (позначок) на монтажні горизонти будівлі?

Тема № 3. Основи стандартизації

1. Яка суть і мета стандартизації? Що таке стандарт і стандартизація? Об'єкти стандартизації.

2. Основні терміни визначення в галузі стандартизації.

3. Основні принципи і методи державної політики у сфері стандартизації.

4. Категорії та види стандартів і нормативних документів.

5. Як систематизують і класифікують загальнотехнічні стандарти?

6. Описати та пояснити схему стандартизації, як галузь науково-технічної діяльності.

7. Нормоконтроль технічної документації.

8. Порядок впровадження стандартів і державний нагляд за їх додержанням.

9. Позначення стандартів і нормативних документів. Розшифрувати аббревіатуру: ДСТУ...; ІЕС...; ДСТУ ISO...; ГСТУ...; ЕСКД...; ISO...; ІЕС...; ГОСТ...; ОСТ...; ДК...; ТУ...; Р...; Н...; КНД....

10. Міжнародні організації зі стандартизації.

11. Значення міжнародної стандартизації для розвитку промисловості та торговельних зв'язків між державами.

12. Які об'єкти не підлягають стандартизації?

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Саранча Г.Я. Метрологія, стандартизація та управління якістю / Г.Я. Саранча, Г.К. Якимчук. – К.: Основа, 2004. – 376 с.
2. ГОСТ 23616 -79. Общие правила контроля точности.
3. ГОСТ 23615 Статистический анализ точности.
4. ГОСТ 23615 Основные положения.
5. ГОСТ 21779- 82. Технологические допуски.
6. ГОСТ 21780-83 Расчет точности.
7. ГОСТ 26607-85 Функциональные допуски.
8. Видуев Н.Г. Строительная метрология / Н.Г. Видуев, С.П. Войтенко. – К.: КИСИ, 1963. – 140 с.
9. Котлов А.Ф. Допуски и технические измерения при монтаже металлических и железобетонных конструкций / А.Ф. Котлов. – М.: Стройиздат, 1988. – 303 с.
10. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – 21 с.
11. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник / С.П. Войтенко. – К.: Знання, 2009. – 57 с.
12. ГОСТ 21779-82 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски.
13. Рекомендации по расчету точности сборки конструкций зданий / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 134 с.
14. Методичні вказівки з метрології і стандартизації для студентів спеціальності «Інженерна геодезія» / Уклад. С.П. Войтенко, Ю.Ф. Гуляєв, Є.Ф. Чопенко. – К.: КДТУБА, 1996. – 34 с.
15. Андреева Ф.В. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства / Ф.В. Андреева, Б.Г. Борисенков, В.Г. Бузатов, В.С. Сытник. – М.: Недра, 1988. – 270 с.
16. Цюцюра С.В. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація: навчальний посібник / С.В. Цюцюра, В.Д. Цюцюра. – К.: Знання, 2005. – 242 с.
17. Справочник по геодезическим работам в строительном-монтажном производстве / под ред. Ю.В. Полищука. – М.: Недра, 1990. – 336 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять та самостійних робіт
з дисципліни

МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ

(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання
напрямку підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»)

Укладачі: **КОБА** Григорій Іванович,
МАМОНОВ Костянтин Анатолійович,
ГЛУШЕНКОВА Ірина Сергіївна,
ТВОРОШЕНКО Ірина Сергіївна

Відповідальний за випуск: доцент *В. О. Пеньков*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз. 73 М

Підп. до друку 25.03.2013 р.

Формат 60х84/16

Друк на різнографі.

Ум. друк. арк. 2,4

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.