

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОПР МАТЕРІАЛІВ

ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ

Методичні рекомендації, завдання та приклади
до виконання розрахунково-графічних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G19 «Будівництво і цивільна інженерія»
ОП «Теплогазопостачання і вентиляція», «Водопостачання та
водовідведення»

Київ 2026

УДК 539.3

О-61

Укладачі: О. О. Кошевий, д-р філософії Ph.D., доцент;

Л. О. Григор'єва, д-р фіз-мат. наук, доцент;

М. О. Янсонс, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Г.М. Іванченко, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск Д.В. Левківський, канд. техн. наук,
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри опору матеріалів, протокол
№ 1 від 22 грудня 2025 року*

В авторській редакції.

Опір матеріалів. Геометричні характеристики поперечних перерізів
О-61 [електронний ресурс] : методичні рекомендації, завдання та приклади
до виконання розрахунково-графічних робіт /уклад.: О.О. Кошевий,
Л.О. Григор'єва, М.О. Янсонс. – Київ : КНУБА, 2026. – 20 с.

Містять варіанти індивідуальних завдань та детальні плани виконання розрахунково-графічних робіт з курсу «Опір матеріалів», а також приклади розв'язку кожного завдання. Розглянуто розділ: «Геометричні характеристики поперечних перерізів».

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво і цивільна інженерія» ОП «Теплогазопостачання і вентиляція», «Водопостачання та водовідведення».

© КНУБА, 2026

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для допомоги студентам виконати розрахунково-графічну роботи з курсу «Опір матеріалів» за розділом: «Геометричні характеристики поперечних перерізів». Розрахунково-графічну роботу студент має виконати за індивідуальним завданням виданим викладачем. Вихідні данні (розрахункові схеми та числові значення) студент вибирає з додатку за власним шифром у вигляді тризначного числа. Пояснення та розрахунки потрібно виконувати на комп'ютері за допомогою MS Word. Для кожного завдання наведено план та рекомендації щодо виконання поетапного розрахунку. Оформлюється розрахунково-графічна робота на аркушах формату А4, які скріплюються ліворуч. Титульний аркуш роботи оформлюється за зразком:

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури Кафедра
опору матеріалів

Розрахунково-графічна робота №

„_____”
/тема/

Виконав:

студент

/спеціальність, курс, група/

/прізвище, ініціали/ Керівник

/прізвище, ініціали/

Київ - 20__р.

Пояснення та розрахунки потрібно виконувати на одній стороні аркуша ручкою, а креслення виконувати олівцем. Дозволяється комп'ютерне виконання креслень.

Для кожного завдання наведено план та рекомендації щодо виконання поетапного розрахунку. Для ілюстрації наведено приклад виконання РГР.

Виконуючи кожен етап розрахунку, потрібно спочатку записати розрахункові формули, підставити числові значення та записати результат обчислення у відповідних одиницях виміру (система СІ).

Розрахунково-графічна робота вважається зарахованою після її захисту.

Мета роботи: Ознайомити студентів з базовими поняттями та геометричними характеристиками перерізів несучих елементів конструкцій; основними підходами та принципами роботи для визначення внутрішніх зусиль, які виникають у конструкції; надати практичні навички проведення інженерних розрахунків з пошуку геометричних характеристик, які необхідні для розрахунку на міцність, жорсткість та стійкість; навчити методам обробки та перевірки отриманих розрахунків.

Розділ I: ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ СТЕРЖНЯ

Постанова задачі. Визначити головні центральні моменти інерції і моменти опору поперечного перерізу складної форми, побудувати еліпс інерції, використовуючи який знайти центральні моменти інерції відносно заданої системи центральних осей.

Дано: Схема перерізу з номерами прокатних профілів і розміри прямокутного елемента.

План виконання завдання:

1. Визначення положення центра ваги заданого складеного поперечного перерізу в прийнятій системі координатних осей (допоміжна система);
2. Визначення осьових і відцентрових моментів інерції складного перерізу відносно центральних осей, паралельних початковим осям;
3. Визначення положення головних центральних осей перерізу і визначення величин головних центральних моментів інерції складного перерізу;
4. Визначення моментів опору перерізу;
5. Побудова еліпсу інерції і визначення, використовуючи його, центральних моментів інерції відносно центральних осей, прийнятих під час виконання пункту 2 або вказаних викладачем.

Графічне оформлення вправи:

1. У масштабі накреслити заданий поперечний переріз, вказати необхідні розміри, положення центрів ваги перерізів і центральних осей кожного елемента складного перерізу.
2. Вказати положення центру ваги заданого поперечного перерізу і центральних осей, паралельних допоміжним, прийнятим при визначенні координат центру ваги, вказати відстані між центральними осями усього перерізу і центральними осями окремих елементів, що складають його.
3. Вказати положення головних центральних осей інерції і відстані до них від найбільш віддалених точок поперечного перерізу.
4. Побудувати еліпс інерції, провести дотичні до нього, паралельні центральним осям (див. пункт 2), вказати відстані від точок дотику до центральних осей.

Вказівки до виконання вправи:

1. Розбиваємо складний поперечний переріз на ряд елементарних перерізів, геометричні характеристики яких є у довідниках або можуть бути відносно просто пораховані. До елементарних перерізів відносять двотавр, швелер, рівнобічний і нерівнобічний кутик, прямокутник тощо.

Вибираємо допоміжні осі, відносно яких знаходимо положення центру ваги перерізу.

У якості допоміжних осей доцільно брати осі симетрії окремих елементарних перерізів, які входять у заданий складний переріз.

Координати центру ваги заданого складного поперечного перерізу у вибраній системі допоміжних осей знаходиться як частка від ділення статичного моменту площі на площу перерізу.

Статичний момент площі складного перерізу дорівнює алгебраїчній сумі статичних моментів площ простих фігур, що входять до його складу.

Якщо відома площа перерізу і координата центру ваги цього перерізу відносно вибраної осі, то статичний момент визначається без використання інтегрування, як добуток площі на координату.

Статичний момент площі може додатнім, від'ємним і рівним нулю.

Знак статичного моменту визначається знаком координати центру ваги елементарного перерізу відносно вибраної осі.

Статичний момент складного перерізу відносно його центральних осей повинен дорівнювати нулю.

Перевірка правильності визначення положення центру ваги складного перерізу можна виконати і графічним шляхом.

Якщо складна фігура розбивається на декілька простих фігур, то центр її ваги знаходиться усередині многокутника, отриманого шляхом послідовного з'єднання центрів ваги простих фігур, обходячи прості фігури в одному напрямку.

2. Всі моменти інерції площі перерізів вимірюються в м^4 , або см^4 , або мм^4 .

Необхідно одразу звернути увагу що центральні осі прокатного профілю, вказані в сортаменті, можуть бути за умовою вправи повернуті відносно заданих на кут 90° , тобто вісь x профілю може бути в заданій системі координат віссю y_c , а вісь y – віссю x_c .

Відцентровий момент інерції може бути додатним, від'ємним і дорівнювати нулю. Знак відцентрового моменту інерції залежить від знаку координат окремих елементів відносно центральних осей складного

перерізу. Якщо одна з координатних осей є віссю симетрії перерізу, то відцентровий момент інерції дорівнює нулю.

Нагадуємо, що відцентровий момент інерції прокатних профілів двотавра і швелера відносно їх центральних осей дорівнюють нулю.

Моменти інерції прокатних профілів (кутик рівнобічний і нерівнобічний, двотавр і швелер) наведені для кожного номеру профілю у відповідних сортаментах прокатних профілів. Використовуючи значення моментів інерції, треба звернути особливу увагу на відповідність вибраних осей з осями, відносно яких визначені моменти інерції у таблицях сортаменту. У більшості сортаментів значення моментів інерції наведено у старій системі одиниць (см⁴). Для переведення значень моментів інерції до міжнародної системи одиниць СІ необхідно табличне значення помножити на коефіцієнт 10⁻⁸.

У таблицях сортаменту для рівнобічних і нерівнобічних кутиків не приводяться значення відцентрових моментів інерції відносно центральних осей, паралельних полкам. У кожному окремому випадку їх визначають за формулами:

$$I_{xy} = \pm(I_{max} - I_x).$$

Або

$$I_{x_0y_0} = \pm 0,5(I_{max} - I_{min})$$

— для нерівнобічного кутика:

$$I_{x_0y_0} = \pm \sqrt{(I_{max} - I_x)(I_{max} - I_y)}.$$

Залежно від розташування кутика відносно вибраних центральних осей інерції, паралельним полкам, відцентровий момент інерції може бути додатним або від'ємним. Знак відцентрового моменту інерції слід обирати згідно з наведеною нижче схеми.

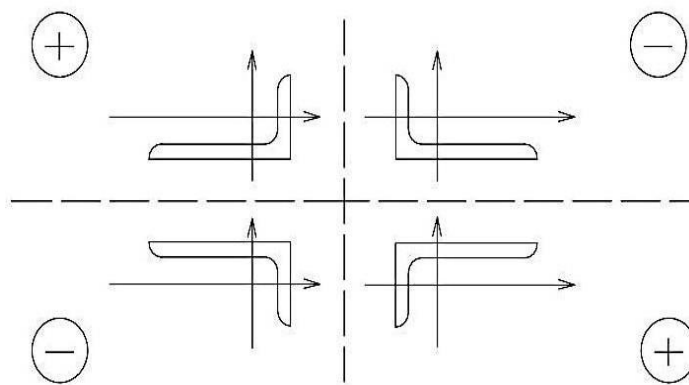


Рис. 1.1

Будь-яку складну фігуру можна розкласти на ряд простих, моменти інерції яких, відносно вибраної системи координатних осей, визначаються досить просто.

Осьовий момент інерції складної фігури відносно вибраної осі дорівнює сумі осьових моментів інерції складаючих її простих фігур відносно тієї ж осі.

Відцентровий момент інерції складної фігури відносно вибраних координатних осей дорівнює алгебраїчній сумі відцентрових моментів інерції складаючих її простих фігур відносно тих самих осей.

Складаючи відцентрові моменти інерції простих фігур, які входять в складну фігуру, необхідно звернути увагу на знаки відцентрових моментів інерції, аналогічно тому як це виконувалось під час складання статичних моментів площ.

Якщо відоме місце знаходження центру ваги складної фігури і величини центральних моментів інерції її складових фігур (осьових і відцентрового), то величини моментів інерції, відносно центральних осей, паралельних допоміжним (див. пункт 2) дорівнюють

$$I_{x_c} = \sum_1^n (I_{x_i} + a_{y_i}^2 \cdot A_i);$$

$$I_{y_c} = \sum_1^n (I_{y_i} + b_{x_i}^2 \cdot A_i);$$

$$I_{x_c y_c} = \sum_1^n (I_{x_i y_i} + a_{y_i}^2 b_{x_i}^2 \cdot A_i);$$

де $a_{y_i}^2$ та $b_{x_i}^2$ – відстані між осями;

A_i – площа перерізу.

3. Через центр ваги можна провести безліч координатних осей і серед них знайти взаємно перпендикулярні осі, відносно яких відцентровий момент інерції дорівнює нулю. Ці осі називаються головними-центральною осями інерції, а моменти інерції відносно них – головними-центральною моментами інерції.

Величини головних-центральною моментів інерції визначаються за формулами:

$$I_u = I_{x_c} \cos^2 a_\alpha + I_{y_c} \sin^2 a_\alpha - I_{x_c y_c} \sin 2a_\alpha;$$

$$I_v = I_{x_c} \sin^2 a_\alpha + I_{y_c} \cos^2 a_\alpha - I_{x_c y_c} \sin 2a_\alpha.$$

або

$$I_u = I_{x_c} - I_{x_c y_c} \operatorname{tg} 2a_\alpha;$$

$$I_v = I_{y_c} - I_{x_c y_c} \operatorname{tg} 2a_\alpha.$$

Відмінністю головних-центральною моментів під час інерції є те, що один з них максимальний, а інший – мінімальний з усіх можливих центральною моментів інерції. Максимальне і мінімальне значення головних-центральною моментів інерції можна визначити за формулами, без врахування кута нахилу α

$$I_{u,v} = I_{\max,\min} = (I_{x_c} + I_{y_c})0,5 \pm \sqrt{0,25(I_{x_c} - I_{y_c})^2 + I_{x_c y_c}^2}.$$

Кут нахилу головних-центральною осей інерції відносно системи центральною осей визначається за формулою

$$\operatorname{tg} 2a_0 = \frac{2I_{x_c y_c}}{I_{y_c} - I_{x_c}}$$

Кут нахилу (α_0) може бути додатнім або від'ємним.

Додатне значення кута α_0 вказує щ на те що головні-центральною осі

повернуті відносно даних центральних проти руху годинникової стрілки; від'ємний – за рухом годинникової стрілки.

Контроль правильності визначення моментів інерції виконується, використовуючи інваріантність центральних моментів інерції під час повертання осей. Повинна виконуватись умова

$$I_u + I_v = I_{x_c} + I_{y_c}.$$

Виконуючи цей контроль, варто пам'ятати, що центральні моменти інерції I_{x_c} і I_{y_c} повинні мати проміжне значення в порівнянні з головними-центральними моментами інерції I_u і I_v , тобто максимальний головний-центральный момент інерції має бути більшим за більший по величині центральний моменту інерції, а мінімальний – менше меншого центрального.

4. Момент опору дорівнює частці від ділення головного центрального моменту інерції на відстань від головної-центральної осі найбільш віддаленої точки поперечного перерізу. Розташування найбільш віддалених точок визначається дотичними до контуру поперечного перерізу, паралельними головним-центральним осям інерції.

Відстань до найбільш віддалених точок визначається графічно на кресленні або аналітично, використовуючи формули перетворення координат при повороті центральної осі на кут, рівний куту нахилу головних центральних осей інерції α_0

$$h_u = h_x \cos \alpha_0 - h_y \sin \alpha_0.$$

$$h_v = h_x \sin \alpha_0 - h_y \cos \alpha_0,$$

де h_u та h_v – відповідно відстані найбільш віддалених від осей U і V точок; h_x і h_y – координати цих точок у системі центральних осей перерізу, прийнятих у пункті 2 при визначенні центральних моментів інерції.

5. Еліпс інерції – еліпс, півосі якого рівні головним-центральним радіусам інерції.

Радіуси інерції відносно осей U і V є величини

$$i_u = \sqrt{\frac{I_u}{A}}$$

$$i_v = \sqrt{\frac{I_v}{A}}$$

де I_u , I_v – головні центральні моменти інерції, A – площа перерізу.

Принцип побудови еліпсу інерції складається у такому: аналітично визначивши головні моменти інерції і визначивши головні-центральної осі інерції, дотримуючись водночас такого правила. Головний радіус інерції, i_u (півосі еліпса інерції) відкладаємо на вісь V , а i_v – на вісь U . Потім, використовуючи рівняння еліпсу інерції

$$\frac{V^2}{i_u^2} + \frac{U^2}{i_v^2} = 1.$$

де U і V – координати точок еліпсу, і задаючи одну з координат, визначаємо другу координату

Для побудови еліпсу інерції необхідно визначити координати мінімум трьох точок еліпсу в одному з квадрантів. Знаючи координати точок еліпсу, визначеними його півосями, можна достатньо точно по п'яти точках графічно побудувати одну чверть еліпсу. Оскільки еліпс є фігурою з двома осями симетрії, то отриманих даних достатньо для побудови усього еліпсу інерції.

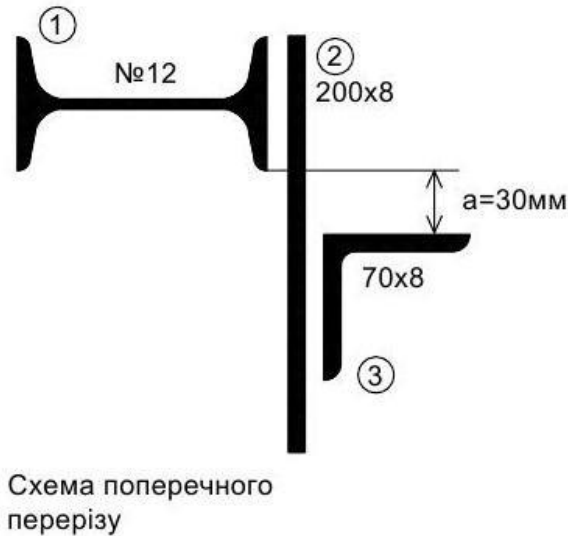
Використовуючи еліпс інерції, можна графічно визначити радіус інерції, відносно будь-якої центральної осі, складаючи з головною-центральної віссю кут α і визначити момент інерції

$$I_\alpha = i_\alpha^2 \cdot A.$$

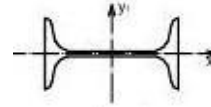
Для знаходження радіусу інерції i_α проводимо дотичну до еліпсу паралельну вісь, нахиленої до головної-центральної осі інерції під кутом α . Відстань від центру еліпса до цієї дотичної буде радіусом інерції i_α , величина якого визначається з урахуванням під час побудови еліпса масштабу кута нахилу α задається викладачем.

Моменти інерції, визначені за допомогою еліпсу інерції можуть трохи відрізнятись від отриманих аналітично, що пояснюється можливими похибками графічної побудови.

Приклад:



іхідні дані: Двотавр №12



$$A_1 = 14,7 \text{ см}^2$$

$$I_{x1} = 27,9 \text{ см}^4$$

$$I_{y1} = 350 \text{ см}^4$$

Прямокутник: 20x0,8 см

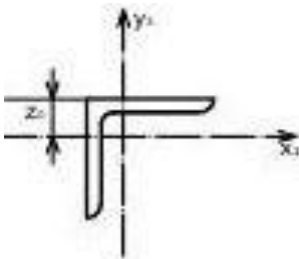


$$A_2 = 16 \text{ см}^2$$

$$I_{x_2} = \frac{0,8 \cdot 20^3}{12} = 533,3 \text{ см}^4$$

$$I_{y_2} = \frac{20 \cdot 0,8^3}{12} = 0,85 \text{ см}^4$$

бічний кутик 7x0,8 см



$$z_0 = 2,02 \text{ см}; A_3 = 10,7 \text{ см}^2; I_{y_3} = I_{x_3} = 48,2 \text{ см}^4.$$

$$I_{max} = 76,4 \text{ см}^4; I_{x_3 y_3} = +(76,4 - 48,2) = 28,2 \text{ см}^4.$$

положення центра ваги (Рис.1.2) відносно осей $x_3 y_3$

$$a_{13} = 8,22 \text{ см}; b_{13} = -8,82 \text{ см}.$$

$$a_{23} = 8,22 - 6,8 = 1,42 \text{ см}; b_{23} = -(2,02 - 0,4) = -2,42 \text{ см}.$$

$$a_{33} = 0 \text{ см}; \quad b_{33} = 0 \text{ см.}$$

$$y_{3c} = \frac{\sum A_i a_{i3}}{\sum A_i} = \frac{8,22 \cdot 14,7 + 1,42 \cdot 16,0}{41,4} = \frac{143,5}{41,4} = 3,47 \text{ см.}$$

$$x_{3c} = \frac{\sum A_i b_{i3}}{\sum A_i} = \frac{-8,82 \cdot 14,7 + 1,42 \cdot 16,0}{41,4} = \frac{168,4}{41,4} = 4,07 \text{ см.}$$

Координати центрів ваги окремих елементів складного поперечного перерізу у системі координат $x_c y_c$:

$$a_{y1} = 4,74 \text{ см}; \quad b_{x1} = -4,75 \text{ см.}$$

$$a_{y2} = -6,80 + 4,74 = -2,06 \text{ см}; \quad b_{x2} = 6,40 - 4,75 = 1,65 \text{ см.}$$

$$a_{y3} = -3,47 \text{ см}; \quad b_{x3} = 4,07 \text{ см.}$$

Перевірка визначення координат центра ваги поперечного перерізу:

$$S_{x_c} = 0;$$

$$S_{y_c} = 0;$$

$$S_{x_c} = \frac{\sum A_i a_i}{\sum A_i} = \frac{14,7 \cdot 4,74 - 16,0 \cdot 2,06 - 10,7 \cdot 3,47}{41,4} = \frac{69,8 - 69,9}{41,4} \approx 0$$

$$S_{y_c} = \frac{\sum A_i b_i}{\sum A_i} = \frac{-14,7 \cdot 4,75 - 16,0 \cdot 1,65 - 10,7 \cdot 4,07}{41,4} = \frac{-69,8 + 69,9}{41,4} \approx 0$$

Визначення I_{x_c}, I_{y_c} та $I_{x_c y_c}$ (Рис 1.2)

$$I_{x_c} = \sum_1^3 (I_{x_i} + a_{yi}^2 A_i) = 27,9 + 4,74^2 \cdot 14,7 + 533,3 + 2,06^2 \cdot 16 + 48,2 + \\ + 3,47^2 \cdot 10,7 = 28 + 333 + 533 + 67 + 48 + 129 = 1138 \text{ см}^4.$$

$$I_{y_c} = \sum_1^3 (I_{y_i} + b_{xi}^2 A_i) = 350 + 4,75^2 \cdot 14,7 + 0,85 + 1,65^2 \cdot 16 + 48,2 +$$

$$+4,07^2 \cdot 10,7 = 350 + 333 + 1 + 44 + 48 + 177 = 953 \text{ см}^4.$$

$$I_{x_c} I_{y_c} = \sum_1^3 (I_{x_i y_i} + a_{yi} b_{xi} A_i) = 0 - 4,74 \cdot 4,75 \cdot 14,7 + 0 - 2,06 \cdot 1,65 \cdot 16 +$$

$$+28,2 - 3,47 \cdot 4,07 \cdot 10,7 = -333 - 54 + 28 = -500 \text{ см}^4.$$

Визначення кута нахилу a_0 головних центральних осей і визначення головних центральних моментів інерції I_u та I_v :

$$\tan 2a_0 = \frac{2I_{x_i y_i}}{I_{y_i} - I_{x_i}} = -\frac{2 \cdot 500}{953 - 1138} = \frac{1000}{185} = 5,405.$$

$$2a_0 = 79^\circ 30'; \quad a_0 = 39^\circ 45'.$$

$$\sin a_0 = 0,639; \cos a_0 = 0,769; \sin 2a_0 = 0,983; \tan a_0 = 0,832.$$

1. Варіант визначення:

$$I_u = 1138 \cdot 0,769^2 + 953 \cdot 0,639^2 + 500 \cdot 0,983 = 672 + 389 + 492 = 1553 \text{ см}^4.$$

$$I_v = 1138 + 0,639^2 + 953 \cdot 0,769^2 - 500 \cdot 0,983 = 465 + 565 - 492 = 538 \text{ см}^4.$$

2. Варіант визначення:

$$I_u = 1138 + 500 \cdot 0,832 = 1138 + 416 = 1554 \text{ см}^4.$$

$$I_v = 953 - 500 \cdot 0,832 = 953 - 416 = 537 \text{ см}^4.$$

3. Варіант визначення:

$$I_{u,v} = 0,5(1138 + 953) \pm \sqrt{0,25(1138 - 953)^2 + 500} =$$

$$= 1045 \pm \sqrt{8556 + 250000} = 1045 \pm 509.$$

$$I_u = 1045 + 509 = 1554 \text{ см}^4, I_v = 1045 - 509 = 536 \text{ см}^4.$$

Перевірка інваріантності суми центральних моментів інерції

$$I_u + I_v = I_{x_c} + I_{y_c}$$

$$I_{x_c} + I_{y_c} = 1138 + 953 = 2091 \text{ см}^4.$$

$$(1)I_u + I_v = 1553 + 538 = 2091 \text{ см}^4.$$

$$(2)I_u + I_v = 1553 + 537 = 2090 \text{ см}^4.$$

$$(3)I_u + I_v = 1553 + 536 = 2089 \text{ см}^4.$$

Визначення моментів опору перерізу (рис 1.3):

$$h_u = (4,74 + 3,2) \cdot 0,769 - (-4,75 - 6,0) \cdot 0,639 = 6,1 + 5,8 = 11,9 \text{ см.}$$

$$h_v = (4,74 - 3,2) \cdot 0,639 + (-4,75 - 6,0) \cdot 0,769 = 1,0 - 8,3 = -7,3 \text{ см.}$$

$$W_u = \frac{I_u}{h_u} = \frac{1553}{11,9} = 130 \text{ см}^3.$$

$$W_v = \frac{I_v}{h_v} = \frac{538}{7,3} = 74 \text{ см}^3.$$

Побудова еліпсу інерції (рис 1.3):

$$i_u = \sqrt{\frac{I_u}{A}} = \sqrt{\frac{1553}{41,4}} = \sqrt{37,5} = 6,1 \text{ см.}$$

$$i_v = \sqrt{\frac{I_v}{A}} = \sqrt{\frac{538}{41,4}} = \sqrt{13,0} = 3,6 \text{ см.}$$

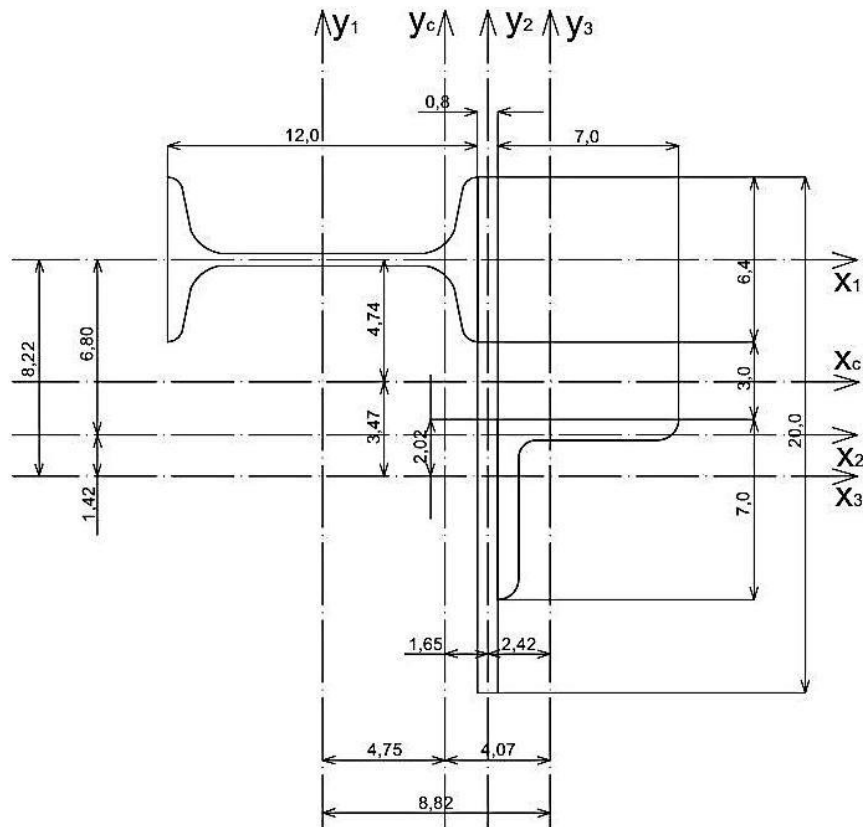


Рис. 1.2

Визначення координат точок однієї чверті еліпсу інерції:

$$V = i_u \sqrt{1 - \frac{U^2}{i_v^2}}.$$

U	$1 - \frac{U^2}{i_v^2}$	$\sqrt{1 - \frac{U^2}{i_v^2}}$	V
i_v	0	0	0
0,75	0,44	0,66	4,0
0,5	0,75	0,86	5,2
0,25	0,94	0,97	5,9
0	1	1	6,1

За цими даними на кресленні (рис. 1.3) будуємо еліпс інерції.

Визначення за допомогою еліпса інерції центральних моментів інерції

I_{y_c} і I_{x_c} .

Знаходимо радіус інерції графічним шляхом

$$i_{x_c} = 6,1 \text{ см.}$$

$$i_{y_c} = 3,6 \text{ см.}$$

Визначаємо моменти інерції

$$I_{x_c} = i_{x_c}^2 \cdot A = 37,2 \cdot 41,4 = 1540 \text{ см}^4$$

$$I_{y_c} = i_{y_c}^2 \cdot A = 13,0 \cdot 41,4 = 548 \text{ см}^4.$$

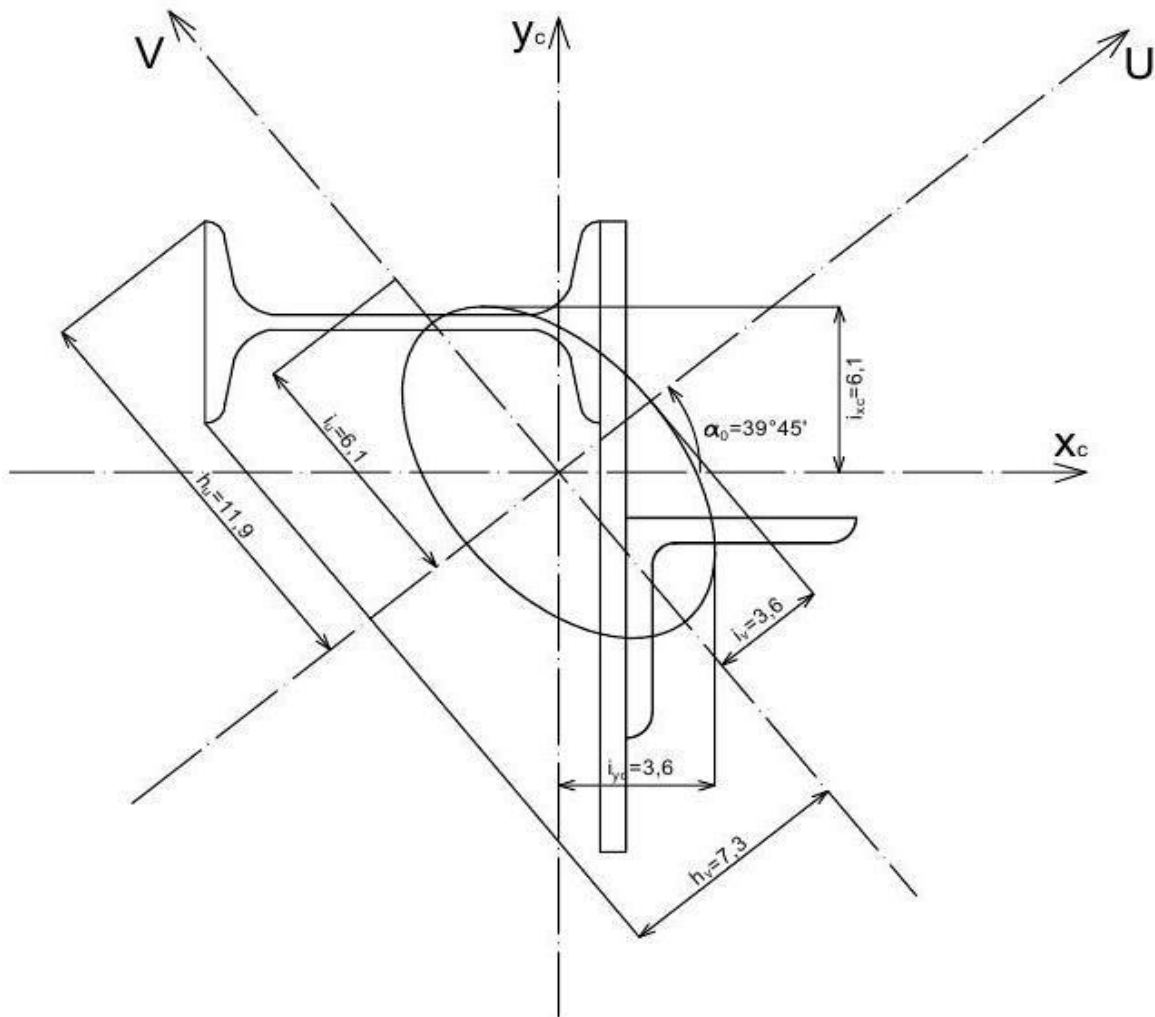


Рис. 1.3

Список літератури

1. Іванченко П.О. Збірник задач з опору матеріалів: навч. посіб. / П.О. Іванченко, Л. О. Григор'єва, О.П. Кошевий та ін. –Київ: Ліра-К, 2021. – 396 с.
2. Григор'єва Л.О. Опір матеріалів з основами теорії пружності: курс лекцій // Л.О. Григор'єва, Д.В. Левківський. О.П. Кошевий. – Київ: Ліра-К, 2021. – 270 с.
3. Кошевий О.П. Опір матеріалів в лекціях і задачах: навч. посіб. / О.П. Кошевий, Л.О.Григор'єва, Д.В. Левківський. – Київ: КНУБА;- Кам'янець-Подільський : ТОВ Друкарня Рута, 2019. – 340 с.
4. Шкельов Л.Т. Опір матеріалів: підручник для студентів вищих навчальних закладів. / Л.Т. Шкельов, А.М. Станкевич, Д.В. Пошивач. – Київ: ЗАТ Віпол, 2011. – 456 с.
5. Опір матеріалів з основами теорії пружності. Змістовий модуль 4. Основи теорії пружності: методичні рекомендації для самостійної роботи та дистанційного навчання здобувачів вищої освіти спеціальності БЦІ /уклад.: Л.О. Григор'єва, Д.В. Левківський. – Київ : КНУБА, 2024. – 40 с.
6. Опір матеріалів: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів всіх спеціальностей/ уклад.: І. В. Жупаненко, О.П. Кошевий, О.О. Кошевий. – Київ : КНУБА, 2023. – 52 с.
7. Опір матеріалів. Розтяг та стиск стержнів. Геометричні характеристик і поперечних перерізів. Опір матеріалів. Розтяг та стиск стержнів. Геометричні характеристики поперечних перерізів: методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи №1 /уклад.: О. П. Кошевий, Л.О. Григор'єва, А. Г. Чубарєв, І. Р. Дамнаті. – Київ: КНУБА, 2023. – 29 с.
8. Опір матеріалів. Побудова епюр внутрішніх зусиль. Опір матеріалів. Побудова епюр внутрішніх зусиль. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи №2 / уклад.: О. П. Кошевий, Л.О. Григор'єва, А. Г. Чубарєв, І. Р. Дамнаті. – Київ: КНУБА, 2023. – 34 с.

Ця література доступна в читальному залі бібліотеки КНУБА і на кафедрі опору матеріалів. (ауд. 164)

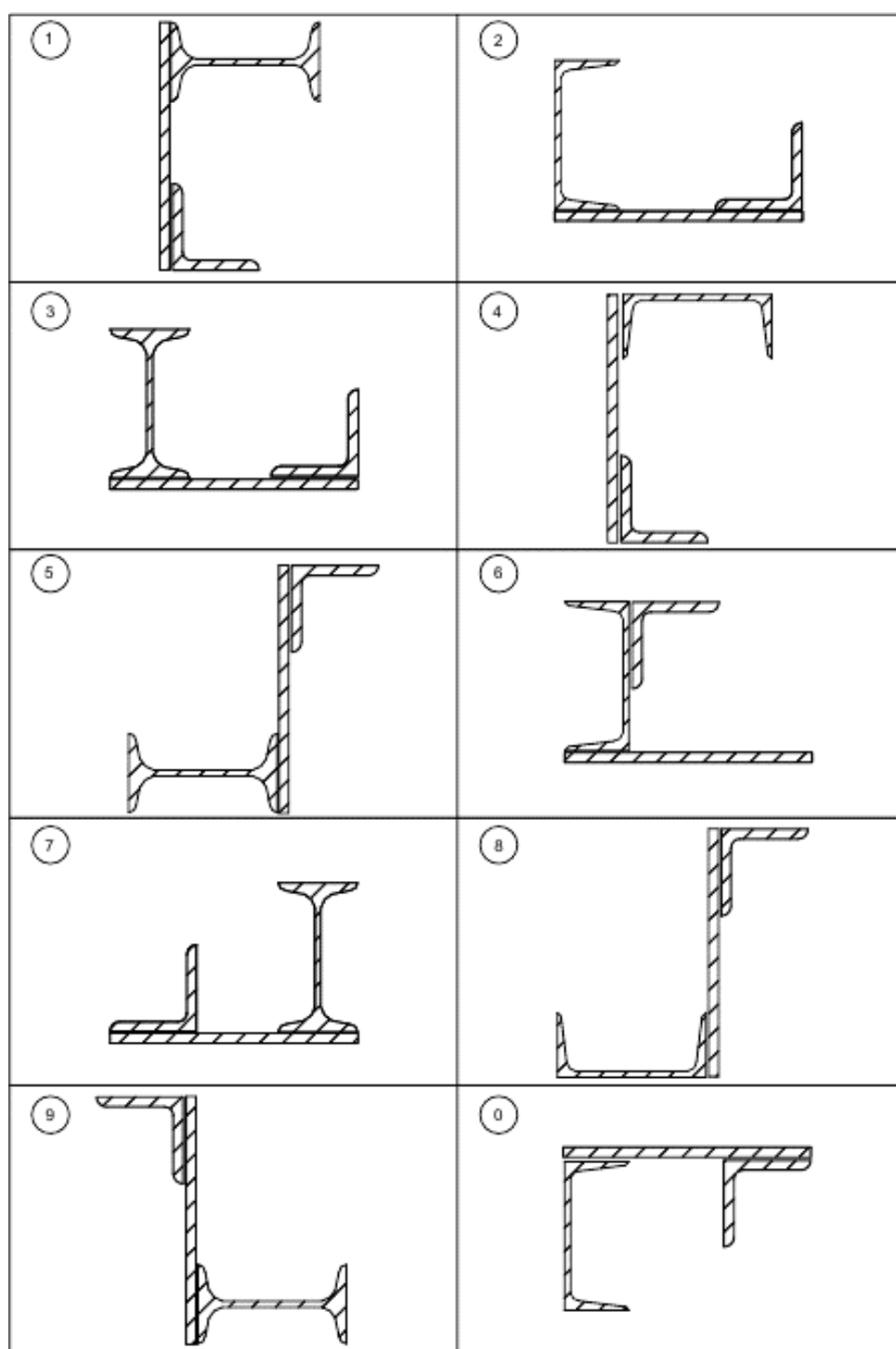


Рис. Д-1.1

Таблиця Д-1

№	Числові значення по цифрам шифру				
	Перша цифра	Друга цифра		Третя цифра	
	№ схеми	№ двотавра	№ швелера	Розміри кутика	Розміри пластини
0	1	60	14	250x20	200x10
1	2	55	16	220x14	200x12
2	3	50	18	200x20	220x14
3	4	40	20	180x12	220x16
4	5	36	22	140x10	300x18
5	6	30	24	125x10	300x20
6	7	24	27	110x8	350x18
7	8	22	30	180x10	400x16
8	9	20	36	90x8	420x14
9	0	10	40	80x8	440x8

Навчально-методичне видання

ОПІР МАТЕРІАЛІВ

ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ

Методичні рекомендації, завдання та приклади
до виконання розрахунково-графічних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G19 «Будівництво і цивільна інженерія»
ОП «Теплогазопостачання і вентиляція», «Водопостачання та
водовідведення»

Укладачі: **КОШЕВИЙ** Олександр Олександрович,
ГРИГОР'ЄВА Людмила Олександрівна,
Янсонс Марина Оскарівна

Випусковий редактор *Ю.М. Долгополова*
Комп'ютерне верстання *Ю.М. Долгополової*

Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,25
Електронний документ. Вид № 74/V-26.

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідectво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002