

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА**  
**Кафедра будівництва і геомеханіки**

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

для студентів напрямку підготовки 6.060101 Будівництво

Дніпропетровськ  
НГУ  
2013

Металеві конструкції. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів напрямку підготовки 6.060101 Будівництво / В.Є. Волкова. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 62 с.

Автор:

В.Є. Волкова, д-р техн. наук, проф.

Рекомендовано до видання редакційною радою НГУ (протокол № 5 від 24.12.2012) за поданням методичної комісії напрямку підготовки 6.060101 Будівництво (протокол № 1 від 22.03.2012).

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи студентів напрямку 6.060101 Будівництво під час підготовки до модульного контролю за результатами практичних занять з нормативної дисципліни «Металеві конструкції».

Розглянуто теоретичні відомості про ключові питання розрахунків елементів будівельних конструкцій за методом граничних станів. Подано рекомендації до розв'язування типових практичних задач з визначення напружено-деформованого стану елементів конструкції, а також рекомендації щодо їх конструювання. Наведено приклади розрахунків болтових та зварних з'єднань металевих конструкцій, а також конструктивні вимоги для їх безпечного виконання.

Рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри будівництва і геомеханіки, д-р техн. наук, проф. О.М. Шашенко.

## ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Студентам будівельних спеціальностей (“Промислове та цивільне будівництво” 8.092101) у курсі будівельних конструкцій (розділ металевих конструкцій) необхідно навчитись самостійно застосовувати теоретичні знання до рішення практичних інженерних задач, на початку вивчення курсу – найпростіших, а в подальшому – комплексних (у курсових роботах та проектах).

Вихідні дані для всіх задач запрограмовані за шифром, яким є перші три або чотири букви прізвища студента.

Вихідні дані задач узгоджуються з керівником практичних занять. Якщо вихідні дані вибрані невірною, завдання вважається недійсним і потребує перерахування за шифром, який відповідає прізвищу студента.

Визначення вихідних даних наведено у прикладах. Розв’язані завдання оформлюються у вигляді пояснювальної записки на окремих листах формату А4, згідно з вимогами чинних стандартів.

Доповненням до рішення кожної задачі є ескіз із зазначеннями певних розрахункових розмірів (у міліметрах), необхідних для конструювання (як наведено у прикладах). Перед рішенням кожної задачі необхідно уважно прочитати методичні вказівки для виконання даної задачі і тільки після цього приступити до чисельного прикладу.

### Основні літерні позначення розмірів

$N$  – поздовжнє зусилля, кН;  $M$  – згинальний момент, кН·см;  $A$  – площа поперечного перерізу, см<sup>2</sup>;  $W$  – момент опору, см<sup>3</sup>;  $I$  – момент інерції в см<sup>4</sup>;  $\sigma$  – нормальні напруження, МПа,  $R_y$  – розрахунковий опір сталі заданої марки, МПа, типу і товщини прокату за табл. 53 ДБН В2.6 - 163:2010; 10 - перевідний коефіцієнт  $1 \text{ кН/см}^2 \approx 10 \text{ МПа}$ .

Таблиця 1

### Співвідношення одиниць виміру

| Навантаження, зусилля  | Напруження, розрахунковий опір  |
|--|---|
| Н – ньютон<br>кН - кілоньютон (1000Н)  | Па – паскаль<br>МПа – мегапаскаль (Па × 10 <sup>6</sup> )   |
| 1 кгс    10Н = 0,01 кН<br>100 кгс    1 кН  | 1 кгс/см <sup>2</sup> 0,001 кН/см <sup>2</sup> = 0,1 МПа<br>100 кгс/см <sup>2</sup> 1,0 кН/см <sup>2</sup> = 10 МПа |
| 1 тс    1000 кгс = 10 кН   | 1000 кгс/см <sup>2</sup> 10 кН/см <sup>2</sup> = 100 МПа  |
| Лінійне навантаження:<br>100 кгс/см <sup>2</sup> 1,0 кН/см <sup>2</sup><br>1000 кгс/см <sup>2</sup> 10 кН/см <sup>2</sup>    | Модуль пружності сталі:<br>E = 2100000 кгс/см <sup>2</sup> 210000 МПа =<br>= 210 ГПа                                |
| Поверхнєве навантаження:<br>100 кгс/см <sup>2</sup> 1,0 кН/см <sup>2</sup><br>1000 кгс/см <sup>2</sup> 10 кН/см <sup>2</sup> | ГПа – гігапаскаль   |

## Розрахункові формули з урахуванням одиниць виміру

| Вид напруженого стану | Підбір перерізу  | Перевірка напруження, МПа                                     |
|-----------------------|--|---|
| 1                     | 2  | 3   |
| Центральний розтяг    | $A_n = \frac{N \cdot 10}{R_y}, (\text{см}^2)$  | $\sigma = \frac{N \cdot 10}{A_n} \leq R_y$                    |
| Центральний стиск     | $A_n = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot R_y}, (\text{см}^2)$   | $\sigma = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot A} \leq R_y$ |
| Позацентровий стиск   | $A_n \geq \frac{N \cdot 10}{\varphi_e \cdot R_y}, (\text{см}^2)$   | $\sigma_x = \frac{N \cdot 10}{\varphi_e \cdot A} \leq R_y$    |
| Згин                  | $W_{\text{номр}} = \frac{M_{\max} \cdot 10}{R_y}, (\text{см}^3)$<br>$f \approx \frac{M_{\max}^n \cdot 10 l^2}{EI_x} \leq f^n, (\text{см})$ | $\sigma = \frac{M_{\max} \cdot 10}{W_n} \leq R_y$             |

## ЗАДАЧІ З РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

## Задача №1

Підібрати переріз центрально розтягнутого елемента з подвійних кутиків (рис. 1) за вихідними даними, визначеними за шифром з табл. 3

Таблиця 3

## Вихідні дані до задачі №1

| № букви | Вихідні данні             | Ж       | З       | І         | Й         | А        | Б        | В        | Г         | Д         | Є         |
|---------|---------------------------|---------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         |                           | Р       | С       | Т         | У         | К        | Л        | М        | Н         | О         | П         |
|         |                           | Е       | Ю       | Я         | И         | Ф        | Х        | Ц        | Ч         | Ш         | Щ         |
| 1       | Розрахункове зусилля, кН  | 550     | 600     | 650       | 700       | 750      | 800      | 850      | 900       | 950       | 1000      |
| 2       | Марка сталі               | ВСт3кп2 | ВСт3пс6 | ВСт3пс6-1 | ВСт3пс6-2 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.2 | 09Г2Сгр.2 | 09Г2Сгр.1 | 09Г2Сгр.2 |
| 3       | Діаметр отвору $d_0$ , мм | 17      | 19      | 21        | 23        | 16       | 18       | 20       | 22        | 24        | 26        |
| 4       | Тип кутиків               | Вхв     | ВхВ     | Вхв       | Вхв`      | Вхв      | ВхВ      | Вхв      | ВхВ       | Вхв       | ВхВ       |

Примітки: Вхв – нерівнополічний кутик, ВхВ – рівнополічний кутик.

Для всіх задач приймати: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1$ ; коефіцієнт умови роботи  $\gamma_c = 1$ .

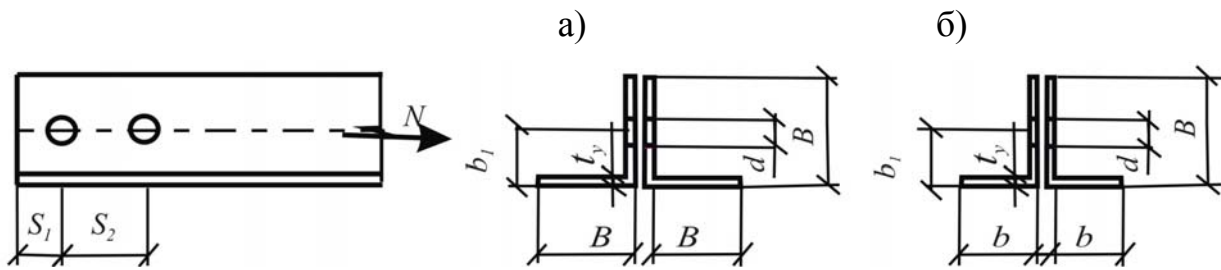


Рис. 1. До задачі №1: а – рівнополічні кутики; б – нерівнополічні кутики

### Вказівки до вирішення задачі

У методичних вказівках приведена табл. 15 з даними о розрахункових опорах по ДБН В2.6 - 163:2010.

Послідовність розрахунку:

1. Визначення розрахункового опору  $R_y$  сталі за заданою маркою, типом та товщиною прокату за табл. 51 ДБН В2.6 - 163:2010.
2. Необхідна площа перерізу подвійних кутиків  $\text{см}^2$

$$A_{номр} \geq \frac{N \cdot 10}{\kappa_{осл} \cdot R_y} ; \quad (1)$$

де  $\kappa_{осл}$  – коефіцієнт ослаблення перерізу отворами (приймають 0,8 – 0,9).

3. Підбір за сортаментом кутиків (у відповідності з  $A$ ) та визначення розрахункової площі перерізу (за ослабленням),  $\text{см}^2$

$$A_n = 2(A - d_0 t) ; \quad (2)$$

де  $d_0$  - діаметр отвору;  $t$  - товщина кутика.

4. Перевірка напруження у прийнятому перерізі, МПа

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{A_n} \leq R_y . \quad (3)$$

5. Виконання ескізу

Підбір перерізу кутика обмежується сортаментом, тому розміри кутиків необхідно визначати за найбільш близькою табличною величиною  $A$  в бік невеликого збільшення, при цьому недонапруження не повинне перевищувати 5% від розрахункового опору  $R_y$ . Якщо недонапруження перевищує  $0,05 R_y$ , то допускають перенапруження в межах 2%, враховуючи, що в ДБН В2.6 - 163:2010 розрахункові опори округлені в менший бік (до 2% – 3%). Недонапруження 5% може бути допущено, якщо менший розмір за сортаментом дає перенапруження більше 1% – 2%.

При компонованні перерізу переважно приймають кутики з більш широкою та тонкою стінкою, що забезпечує більшу стійкість елемента, суттєво охороняє

елемент від випадкових деформацій (вминань, прогинів) при виготовленні, транспортуванні, монтажі та експлуатації.

Риски розташування болтів (від обушка) можливо прийняти за табл. 4, де  $d_0$  – за умовами підбору перерізу може бути зменшеним на відміну від завдання до  $d_0 : d_{0\max}$  (табл. 3); позначення дивися на рис. 2.

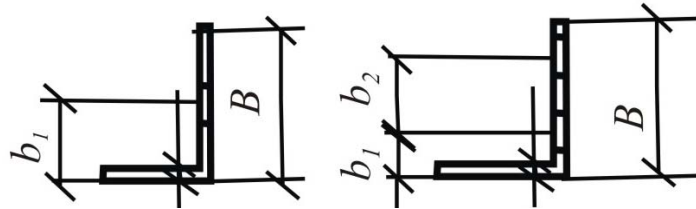


Рис. 2. Риски

Таблиця 4

Риски і максимальні отвори в кутиках (мм)

| Поличка,<br>мм | 45 | 50 | 56 | 63 | 70 | 75 | 80 | 90 | 100 | 110 | 125 | 140 | 160 | 180 | 200 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $b_1$          | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 45 | 45 | 55 | 55  | 60  | 70  | 50  | 60  | 60  | 80  |
| $b_2$          | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   | 60  | 60  | 80  | 80  |
| $d_{0\max}$    | 13 | 16 | 17 | 21 | 21 | 23 | 25 | 26 | 26  | 26  | 28  | 21  | 22  | 26  | 26  |

### Приклад для студента на прізвище БУШИН

#### Вихідні данні:

За 1-ю буквою Б – розрахункове зусилля  $N = 800$  кН;

За 2-ю буквою У – марка сталі ВСт3пс6-2;

За 3-ю буквою Ш – діаметр отвору  $d_0 = 24$  мм;

За 4-ю буквою И – кутики нерівнобічні Вхв.

#### Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 -163:2010 для сталі ВСт-3пс6-2 фасонного профілю товщиною  $t : 10$  мм розрахунковий опір  $R_y = 270$  МПа.

2. Потрібна площа перерізу подвійних кутиків ( $k_{осл}$  приймаємо 0,90)

$$A_{номр} \cong \frac{N \cdot 10}{k_{осл} \cdot k_y} = \frac{800 \cdot 10}{0,9 \cdot 270} = 32,92 \text{ см}^2;$$

$$A_y = 0,5A = 0,5 \cdot 32,92 = 16,46 \text{ см}^2.$$

3. За сортаментом нерівнобічних кутиків ГОСТ 8510-86 (див. [4] або додаток 2) підбираємо L140x90x8,  $A_y = 18$  см<sup>2</sup>. Розрахункова площа підбраного перерізу

$$A_n = 2(A_y - d_0 t) = 2(18 - 2,4 \cdot 0,8) = 32,16 \text{ см}^2.$$

Перевіряємо напруження:

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{A_n} = \frac{800 \cdot 10}{32,16} = 248,75 < R_y = 270 \text{ МПа.}$$

Переріз підбрано з недонапруженням

$$\frac{270 - 248,16}{270} \cdot 100 = 7,9\% > 5\%,$$

що є допустимим, оскільки наступний менший кутик L125x80x8 дає пере-напруження 5,2%.

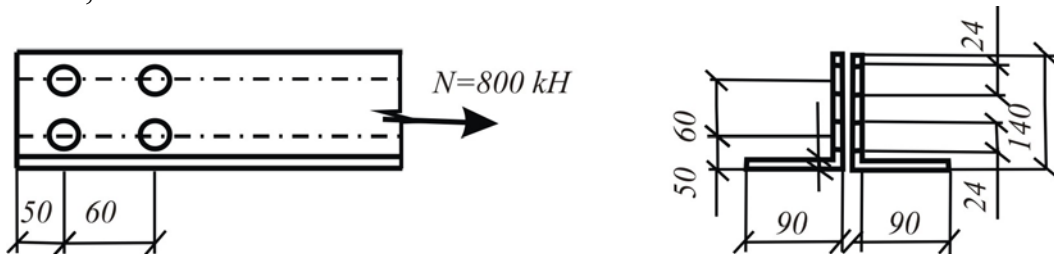


Рис. 3. Ескіз до вирішення задачі №1

\* В кутиках з полчкою  $b \leq 125$  мм, болти та отвори для них розміщуються в один ряд по рискам (табл. 4). в кутиках з полчкою  $b \geq 140$  мм – в 2 ряди.

### Задача №2

Підібрати переріз центрально-стиснутого сталюого елемента з подвійних кутиків із вихідними даними, визначеними за шифром студента з табл. 5 (рис. 4)

Таблиця 5

Вихідні дані до задачі №2

| № букви | Вихідні данні                  | Ж       | З       | І         | Й         | А        | Б        | В        | Г         | Д         | Є         |
|---------|--------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         |                                | Р<br>Е  | С<br>Ю  | Т<br>Я    | У<br>И    | К<br>Ф   | Л<br>Х   | М<br>Ц   | Н<br>Ч    | О<br>Ш    | П<br>Щ    |
| 1       | Розрахункове зусилля, кН       | 1000    | 970     | 950       | 920       | 900      | 875      | 850      | 820       | 800       | 780       |
| 2       | Розрахункова довжина $l_y$ , м | 3,0     | 3,15    | 3,25      | 3,35      | 3,50     | 3,65     | 3,75     | 3,85      | 4,0       | 4,15      |
| 3       | Марка сталі                    | ВСт3кп2 | ВСт3лсб | ВСт3лсб-1 | ВСт3лсб-2 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.2 | 09Г2Сгр.1 | 09Г2Сгр.1 | 09Г2Сгр.2 |
| 4       | Тип кутиків                    | Вхв     | Вхв     | ВхВ       | Вхв       | ВхВ      | Вхв      | ВхВ      | Вхв       | ВхВ       | Вхв       |

Примітки: Вхв – нерівнополічний кутик, ВхВ – рівнополічний кутик.

Для всіх задач приймати: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1$ , коефіцієнт умови роботи  $\gamma_c = 1$ ; розрахункова довжина  $l_x = 0,8 l_y$ .

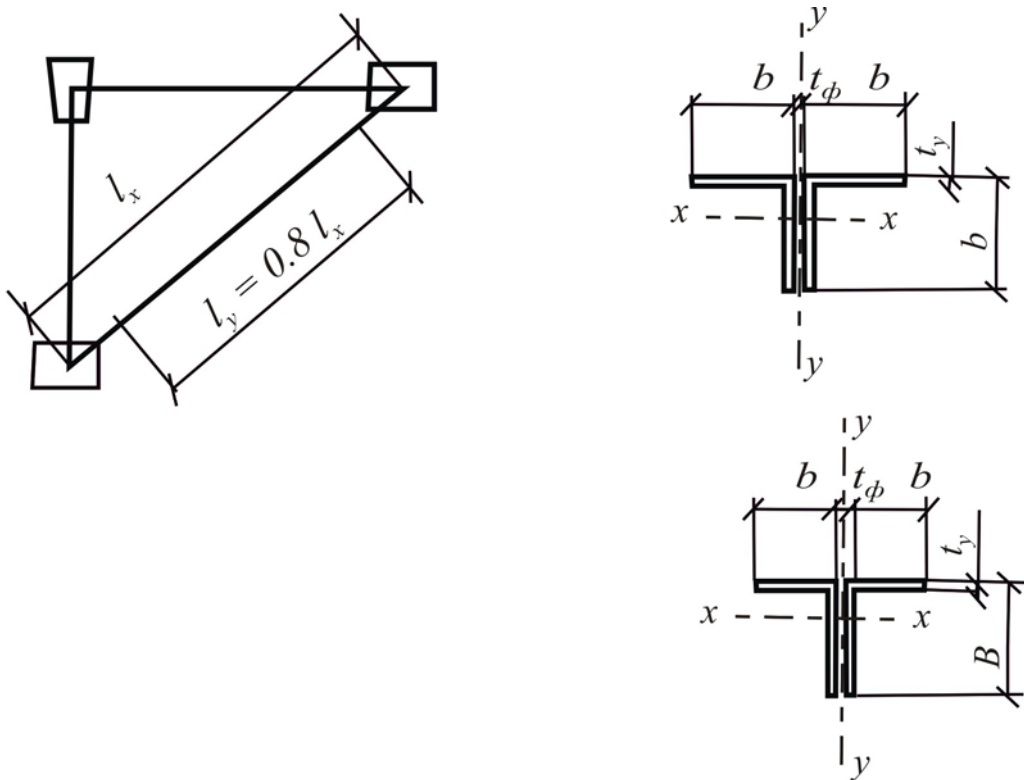


Рис. 4. Розрахункові довжини та переріз стиснутого елемента

### Вказівки до вирішення задачі

#### Послідовність розрахунку:

1. Визначення розрахункового опору за табл. 51 ДБН В2.6 - 163:2010 за заданою маркою сталі, типом та товщиною прокату.
2. Попереднє визначення розмірів подвійних кутиків за графіками додатка або таблицями.
3. Визначення розрахункових характеристик перерізу та гнучкостей  $\lambda_x$  та  $\lambda_y$  з відповідним  $\Phi_{\min}$ .
4. Перевірка напружень, МПа

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{\Phi_{\min} \cdot A} \leq R_y. \quad (4)$$

Відповідно до градації сортаменту в стиснутих елементах має місце недо-напруження до 5 %. Як виняток допускають перенапруження до 1-2%, враховуючи, що в ДБН В2.6 - 163:2010 розрахункові опори округлені у менший бік до 2-3%.

5. Виконання ескізів.

При попередньому виборі розмірів кутиків переважно вибирати кутики з більш широкою полкою та тонкою стінкою (за витратами матеріалу).



## Приклад для студента на прізвище Татрин

### Вихідні данні:

За 1-ю буквою Т – розрахункове зусилля  $N = 950$  кН;

За 2-ю буквою А – розрахункова довжина  $l_y = 3.5$  м;

За 3-ю буквою Т – марка сталі ВСт3пс6-1;

За 4-ю буквою Р – кутики нерівнополочні В х в.

### Програма вирішення

1. За табл. 51 ДБН В2.6 - 163:2010 для фасонного прокату товщиною  $t$ : 20мм сталі ВСт3пс6-1 розрахунковий опір  $R_y = 240$  МПа.

2. Умовне розрахункове зусилля

$$N_{ум} = 0,95 \cdot N \cdot \sqrt{\frac{210}{R_y}} = 0,95 \cdot 950 \sqrt{\frac{210}{240}} = 844 \text{ кН};$$

розрахункова довжина

$$l_x = 0,8l_y = 0,8 \cdot 3.5 = 2,8 \text{ м}.$$

За графіком додатка VI-1 – VI -3 для  $l_x = 280$  см та умовного зусилля

$N_{ум} = 844$  кН приймаємо  $\angle L160 \times 100 \times 10$  (рис. 3, додаток IV).

3. Визначаємо розрахункові характеристики перерізу (за сортаментом ГОСТ 8510-86):  $A_1 = 25.3$  см<sup>2</sup>;  $A = 2 \cdot 25,3 = 50,6$  см<sup>2</sup>;  $i_x = 5,13$  см;  $x_0 = 2,28$  см (або  $z$  для рівнополочних кутиків);  $I_{y1} = 204$  см<sup>4</sup>.

Визначаємо  $i_y$  подвійних кутиків

товщина фасонки

$$t_\phi = t_y + 2 = 10 + 2 = 12 \text{ мм};$$

$$I_y = 2 \cdot \left[ I_{y1} + A_1 \left( x_0 + \frac{t_\phi}{2} \right)^2 \right] = 2 \left[ 204 + 25,3 \left( 2,28 + \frac{1,2}{2} \right)^2 \right] = 828 \text{ см}^4;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{828}{50,6}} = 4,04 \text{ см}.$$

Розрахункові гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{L_x}{i_x} = \frac{280}{5,13} = 55; \quad \lambda_y = \frac{L_y}{i_y} = \frac{350}{4,04} = 86,6$$

$\Phi_{min}$  - по  $\lambda_{max} = \lambda_y = 86.6$  визначаємо за п.5.3 ДБН В2.6 - 163:2010,

$$\text{для умовної гнучкості } \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 86.6 \sqrt{\frac{240}{210000}} = 2,93$$

$$\varphi_{\min} = 1 - (0,073 - 5,53 \frac{R_y}{E}) \bar{\lambda}_x \cdot \sqrt{\bar{\lambda}_x} = 1 - (0,073 - 5,53 \cdot \frac{240}{210000}) \cdot 2,93 \cdot \sqrt{2,93} = 0,67.$$

4. Виконуємо перевірку вибраного перерізу

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot A} = \frac{950 \cdot 10}{0,767 \cdot 50,6} = 280,2 \text{ МПа} > R_y = 240 \text{ МПа}.$$

Не допускаємо перенапруження  $\frac{280,2 - 240}{240} \cdot 100 = 16,75\%$ .

Приймаємо  $\perp \perp 160 \times 100 \times 12$ ;  $A_1 = 30,04 \text{ см}^2$ ;  $A = 2A_1 = 2 \times 30,04 = 60,08 \text{ см}^2$ .

5. Виконання ескізу (див. рис. 5).

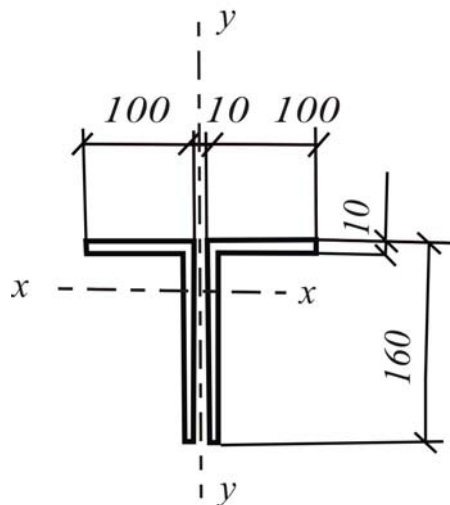


Рис. 5. Ескіз до задачі №2

### Задача №3

Підібрати переріз центрально стиснутого сталюго елемента Н - подібного перерізу за вихідними даними, які визначені за шифром студента з табл. 6 (рис. 6).

#### Вказівки до вирішення задачі

##### Послідовність розрахунку:

1. Визначаємо за табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 для фасонного прокату за заданою маркою сталі розрахунковий опір. (табл. 2 додаток I)

2. Попередньо обираємо переріз за методом завданих параметрів для Н - подібного перерізу:

а) задаємо габарити перерізу. Розмір  $H$  (див. рис. 6) коливається в межах  $\frac{L_x}{20} \dots \frac{L_x}{25}$  з округленням до кратності 5 см; Розмір  $B \approx H$ ;

б) для прийнятих габаритів визначаємо приблизні гнучкості

$$\lambda_x \cong \frac{L_x}{0.42H} \text{ та } \lambda_y \cong \frac{L_y}{0.24B}; \quad (5)$$

Таблиця 6

**Вихідні дані до задачі №3**

| № букви | Вихідні данні   | Ж       | З       | І         | Й         | А        | Б        | В        | Г         | Д         | Є         |
|---------|---|---------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         |   | Р       | С       | Т         | У         | К        | Л        | М        | Н         | О         | П         |
|         |   | Е       | Ю       | Я         | И         | Ф        | Х        | Ц        | Ч         | Ш         | Щ         |
| 1       | Розрахункове зусилля N, кН                                    | 6000    | 6250    | 6500      | 6750      | 7000     | 7250     | 7500     | 7750      | 8000      | 8250      |
| 2       | Розрахункова довжина $l_x$ , м                                | 10,0    | 10,25   | 10,50     | 10,75     | 11,0     | 11,25    | 12,25    | 12,0      | 11,75     | 11,50     |
| 3       | Розрахункова довжина $l_y = \alpha \cdot l_x$ , де $\alpha =$ | 0,5     | 0,55    | 0,6       | 0,65      | 0,7      | 0,53     | 0,58     | 0,62      | 0,67      | 0,72      |
| 4       | Марка сталі   | ВСт3кп2 | ВСт3пс6 | ВСт3пс6-1 | ВСт3пс6-2 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.2 | 09Г2гр.2 | 09Г2Сгр.1 | 09Г2Сгр.2 | 09Г2Сгр.1 |

Примітки: Для всіх задач приймати: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1$ , коефіцієнт умови роботи  $\gamma_c = 1$ .

\* При змінювані тільки товщини кутика, коефіцієнт  $\phi_{\min}$  не перераховується, при змінюванні перерізу кутика, треба перераховувати  $\phi_{\min}$ .

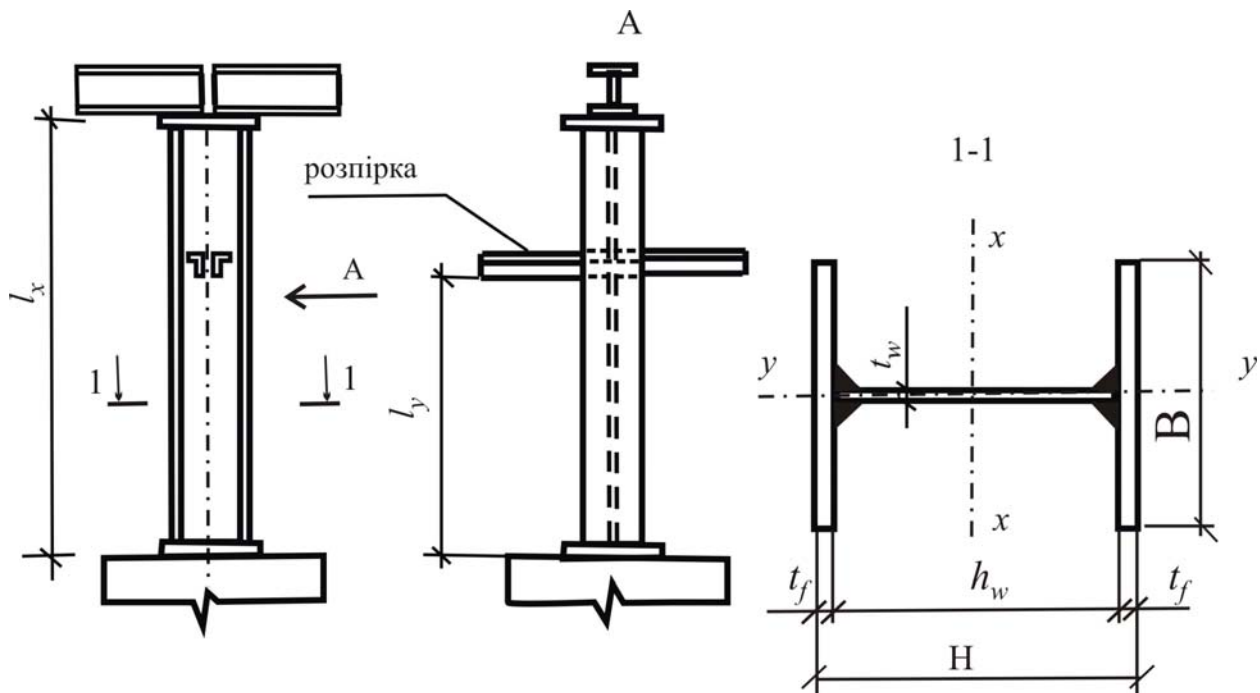


Рис. 6. Схема центрально стиснутої стійки

в) за формулами п. 5.1. ДБН В2.6 - 163:2010 для  $\lambda_{\max}$  ( $\lambda_x$  або  $\lambda_y$ ) знаходимо коефіцієнт повздовжнього згину  $\varphi_{\min}$ ;

г) необхідна площа перерізу

$$A_{\text{нотр}} = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot R_y}; \quad (6)$$

д) за попередньо прийнятими габаритами  $H$  і  $B$  та площею  $A_{\text{нотр}}$  компонується переріз з широкоштабової універсальної сталі (додаток V); при цьому  $A_{\text{ст}}$  площа стінки, приймають  $(0,1 \dots 0,15)A_{\text{нотр}}$ ;  $B \cdot t_f$  - тобто розміри полиць повинні задовольняти умовам стійкості кромки,

$$B \leq t \sqrt{\frac{E}{R_y}}. \quad (7)$$

Загальні габарити скомпонованого перерізу повинні бути найбільш близькими до попередньо прийнятих  $H$  та  $B$ .

3. Для скомпонованого перерізу визначаємо розрахункові характеристики  $A$ ;  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $i_x$ ,  $i_y$   $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$  і за  $\lambda_{\max}$  (п.5.3 ДБН В2.6 - 163:2010) знаходимо  $\varphi_{\min}$ .

4. Перевірка напружень МПа, у отриманому перерізі:

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot A} \leq R_y. \quad (8)$$

В економічно підібраному перерізі недонапруження не повинно перевищувати 5%, перенапруження – до 1 – 2 %.

5. Виконання ескізів із розмірами листів універсальної широкоштабової сталі для стінки та полиць.

### Приклад для студента на прізвище СТАСЮК

#### Вихідні данні:

за 1 - ю буквою С – розрахункове зусилля  $N = 650$  кН;

за 2 - ю буквою Т – розрахункова довжина  $l_x = 11,0$  м;

за 3 - ю буквою А – розрахункова довжина  $l_y = 0,58 l_x$ ;

за 4 - ю буквою С – марка сталі ВСт3 псб – 1.

## Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 для листа з сталі ВСт3 псб – 1 із товщиною до 32 мм. Клас сталі С 245 із розрахунковим опором  $R_y = 240$  МПа.

Попередній підбір Н – подібного перерізу.

$$H = \frac{l_x}{25} = \frac{1100}{25} = 44 \text{ см.}$$

Задаємо  $B = H = 45$  см (рис. 6.а).

Розрахункові гнучкості (приблизно)

$$\lambda_x = \frac{l_x}{0,42 \cdot H} = \frac{1100}{0,42 \cdot 45} = 58,20 ; \lambda_y = \frac{l_y}{0,24 \cdot B} = \frac{0,58 \cdot 1100}{0,24 \cdot 45} = 59,07,$$

$\lambda_{\max} = \lambda_y = 59,07$  за пунктом 5.3 ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо, для умовної гнучкості

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &= \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 59,07 \cdot \sqrt{\frac{240}{2,1 \cdot 10^5}} = 2,0 ; \\ \varphi_{\min} &= 1 - \left( 0,073 - 5,53 \cdot \frac{R_y}{E} \right) \bar{\lambda}_y \cdot \sqrt{\bar{\lambda}_y} = \\ &= 1 - \left( 0,073 - 5,53 \cdot \frac{240}{2,1 \cdot 10^5} \right) 2 \cdot \sqrt{2} = 0,811 . \end{aligned}$$

Потрібна площа перерізу

$$A_{\text{нотр}} = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot R_y} = \frac{6250 \cdot 10}{0,811 \cdot 240} = 321,1 \text{ см}^2.$$

Компонуємо колону Н - подібного перерізу з розмірами листів універсальної широкоштабової сталі з урахуванням заданих габаритів  $H = B = 45$  см ,  $A_{\text{нотр}} = 321,1 \text{ см}^2$ .

Стінка  $A_{\text{ст}} = 0,10 \cdot A_{\text{нотр}} = 0,10 \cdot 321,1 = 32,11 \text{ см}^2$ .

Приймаємо (табл. 1 додаток III) –  $420 \times 8$ ;  $A_{\text{ст}} = 42 \times 0,8 = 33,6 \text{ см}^2$ . Тобто  $h_w = 42$  см,  $t_w = 0,8$  см.

Полиця -  $A_n = 0,5 \cdot (321,1 - 33,6) = 143,75 \text{ см}^2$ .

Приймаємо (табл. 1 додаток III) –  $450 \times 32$ ;  $A_{\text{п}} = 45 \times 3,2 = 144 \text{ см}^2$  (рис. 6,б).  $B = 45$  см,  $t_f = 3,2$  см.

3. Визначаємо розрахункові характеристики скомпозованого перерізу;

$$A = 2 \cdot B \cdot t_f + h_w \cdot t_w ; A = 2 \cdot 45 \cdot 3,2 + 42 \cdot 0,8 = 321,6 \text{ см}^2,$$

$$J_x = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot B \cdot t_f \left( \frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right)^2 ;$$

$$J_x = \frac{0,8 \cdot 42^3}{12} + 2 \cdot 45 \cdot 3,2 \cdot \left( \frac{42}{2} + \frac{3,2}{2} \right)^2 = 152038 \text{ см}^4.$$

У реальних розрахунках величиною власного моменту інерції полиці  $\left( I_{x1} = 2 \cdot b t_f^3 / 12 \right)$  нехтують через її малість (0,1-0,2 %)  $I_x$ , також нехтують  $I_{y1}$  стінки  $\left( H_{cm} t^3 / 12 \right)$ . Тоді

$$J_y = 2 \cdot \frac{t_f \cdot B^3}{12} + \frac{t_w^3 \cdot h_w}{12}; i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{152038}{321,6}} = 21,74 \text{ см};$$

$$J_y = 2 \cdot \frac{3,2 \cdot 45^3}{12} + \frac{0,8^3 \cdot 42}{12} = 48602 \text{ см}^4; i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} = \sqrt{\frac{48602}{321,6}} = 12,29 \text{ см}.$$

4. Розрахункові гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{1100}{21,65} = 50,59; \lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{0,58 \cdot 1100}{12,29} = 51,92.$$

5. Величину  $\varphi_{\min}$  визначаємо за  $\lambda_{\max} = \lambda_y = 51,92$  відповідно до пункту 5.3 ДБН В2.6 - 163:2010 для умовної гнучкості

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 51,92 \cdot \sqrt{\frac{240}{2,1 \cdot 10^5}} = 1,76;$$

$$\varphi_{\min} = 1 - \left( 0,073 - 5,53 \cdot \frac{R_y}{E} \right) \bar{\lambda}_y \cdot \sqrt{\bar{\lambda}_y} =$$

$$= 1 - \left( 0,073 - 5,53 \cdot \frac{240}{2,1 \cdot 10^5} \right) 1,76 \cdot \sqrt{1,76} = 0,8544.$$

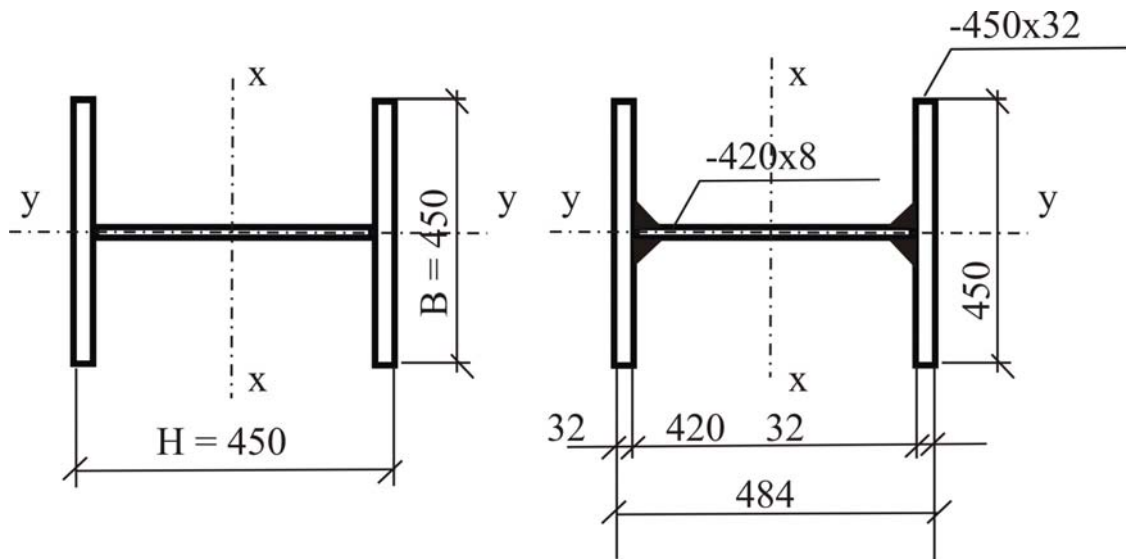


Рис. 7. Переріз стійки

6. Перевіряємо напруження

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{\varphi_{\min} \cdot A} = \frac{6250 \cdot 10}{0,844 \cdot 321,6} = 230,26 \text{ МПа.}$$

Недонапруження складає  $\frac{240 - 230,26}{240} \times 100\% = 4,06\% < 5\%$ , тобто переріз підбраний достатньо економічно.

#### Задача №4

Підібрати переріз сталеві балки прокатного профілю для робочої площадки, за вихідними даними, визначеним за шифром студента з табл. 7 (рис. 8). Переріз балки з прокатного двотавра за ГОСТ 26020-83. Коефіцієнт надійності за навантаженням для постійних навантажень від власної ваги  $\gamma_f = 1,1$  (для усіх варіантів). Нормативний прогин балки  $f = 1/250$ .

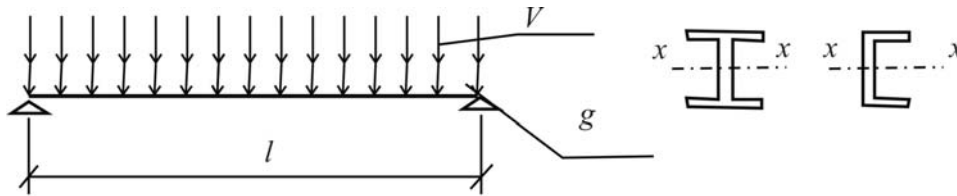


Рис. 8. Схема балки

Таблиця 7

#### Вихідні дані до задачі №4

| № букв | Вихідні дані   | Ж        | З         | И         | І         | А       | Б       | В         | Г         | Д        | Е        |
|--------|--|----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|----------|----------|
|        |  | Р        | С         | Т         | У         | К       | Л       | М         | Н         | О        | П        |
|        |  | 3        | Ю         | Я         | Ь         | Ф       | Х       | Ц         | Ч         | Ш        | Щ        |
| 1      | Нормативне тимчасове навантаження $V_n, \text{кН/м}$ | 30       | 32        | 35        | 37        | 40      | 42      | 45        | 47        | 49       | 51       |
| 2      | Коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f$    | 1,2      | 1,25      | 1,3       | 1,35      | 1,4     | 1,35    | 1,3       | 1,25      | 1,2      | 1,4      |
| 3      | Розрахунковий проліт $l, \text{м}$                   | 5,0      | 5,3       | 5,5       | 5,8       | 6,0     | 6,2     | 6,5       | 6,8       | 7,0      | 7,1      |
| 4      | Марка сталі  | 09Г2гр.1 | 09Г2Сгр.1 | 09Г2Сгр.2 | 09Г2Сгр.2 | ВСт3кп2 | ВСт3пс6 | ВСт3пс6-1 | ВСт3пс6-2 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.2 |

Примітка: Для всіх задач приймати: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1,0$ ; коефіцієнт умов роботи  $\gamma_c = 1,0$ .

## Вказівки до рішення задачі

1. Визначаємо  $R_y$  за табл. 51 ДБН В2.6 - 163:2010 для фасонного прокату заданої сталі (табл. 2, додаток І)

2. Визначаємо розрахункову схему балки:

а) задаємося постійним (власна вага балки) нормативним  $g_n = (0.5 \dots 0.9)$  кН/м і розрахунковими навантаженнями

$$g = \gamma_{f0} g_n \quad (\gamma_{f0} = 1,05) ;$$

б) знаходимо розрахункове тимчасове навантаження  $V = V_n \gamma_f$ .

2. Розрахунковий згинальний момент

$$M_{\max} = \frac{(V + g)l^2}{8}.$$

4. Необхідний момент опору перерізу балки

$$W \geq \frac{M_{\max} \cdot 10}{R_y}. \quad (9)$$

5. За сортаментами двотаврів (або швелерів) підбираємо згідно з ГОСТ 26020-83 чи ГОСТ 8240-97 і  $W$  відповідний номер профілю, для якого виписуємо розрахункові характеристики ( $W_x$  і  $I_x$ ) і перевіряємо напруження

$$\sigma = \frac{M_{\max} 10}{W_x} \leq R_y. \quad (10)$$

6. Перевіряємо прогин від нормативного навантаження

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{(V^H + g^H)}{EI_x} \leq f^H = \frac{l}{250} \quad (11)$$

При рішенні цієї задачі варто враховувати наведене:

а) постійне навантаження (власна вага), прийнято орієнтовно, далі не коректують, тому що його величина складає всього 2–3% від тимчасового навантаження і неточність у прийнятій величині практично не впливає на кінцевий результат;

б) у випадках, якщо за формулою (9)  $W$  перевищує табличні значення для двотаврів, варто приймати широкополочні двотаври для балок або підвищувати марку сталі;

в) у випадках, коли підібраний переріз із сталей підвищеної міцності не задовольняє інші граничні стани (за прогином), варто збільшити жорсткість балки  $I_x$  і знизити марку сталі проти заданої за шифром.

### Приклад для студента з прізвищем ЛОСЬ

Вихідні дані

за 1-ю буквою Л - нормативне тимчасове навантаження  $V_n = 42$  кН/м;

за 2-ю буквою О - коефіцієнт надійності за навантаженням  $\gamma_f = 1,2$ ;

за 3-ю буквою С - розрахунковий проліт  $l = 5,3$  м;

за 4-ю буквою Ђ – марка сталі 09Г2Гр.2.



## Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В.2.6 - 163:2010 для фасонного прокату товщиною  $t = 20$  мм зі сталі 09Г2гр.2 розрахунковий опір  $R_y = 315$  МПа (табл. 2, додаток І).

2. Дані розрахункової схеми балки показані на рис. 9. Задаємося нормативним постійним навантаженням (вага балки)  $g_n = 0.6$  кН/м (тобто в межах 0,5...0,9 кН/м).

Розрахункове постійне навантаження

$$g = \gamma_{f0} \cdot g_n = 1,05 \cdot 0,6 = 0,69 \text{ кН/м.}$$

Розрахункове тимчасове навантаження

$$V = \gamma_f \cdot V_n = 1,2 \cdot 42 = 50,4 \text{ кН/м.}$$

3. Розрахунковий згинаючий момент

$$M_{\max} = \frac{(V + g)l^2}{8} = \frac{(50,4 + 0,69) \cdot 5,3^2}{8} = 179,38 \text{ кН м} = 17938 \text{ кНсм.}$$

4. Необхідний момент опору балки

$$W_{\text{нотр}} = \frac{M_{\max} 10}{R_y} = \frac{17938 \cdot 10}{315} = 569,5 \text{ см}^3.$$

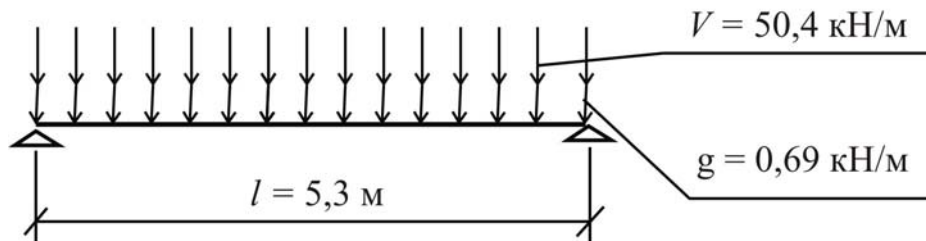


Рис. 9. Схема балки до прикладу задачі 4

6. За сортаментом двотаврів ГОСТ 8239-72 найбільш близько підходить І 35Б1 з параметрами:  $I_x = 10060$  см<sup>4</sup>;  $W_x = 581$  см<sup>3</sup>; вага одного метра  $g_n = 0.384$  кН/м.

$$\sigma = \frac{M_{\max} 10}{W_x} = \frac{17928 \cdot 10}{581} = 308,6 \text{ МПа} < R_y = 315 \text{ МПа}.$$

Недонапруження складає  $\frac{315 - 308,6}{315} \cdot 100 = 2,03 \approx 2\%$ .

Допускаємо таке недонапруження, тому що найближчий по сортаменту менший двотавр І 30Б1 дає перенапруження 16,6%.

7. Перевіряємо прогин І 35Б1  $V_n = 42$  кН/м = 0,42 кН/см і  $g_n = 0,6$  кН/м = 0,006 кН/см

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{10(V^H + g^H) l^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{10(0,42 + 0,006) 530^4}{210000 \cdot 10060} =$$

$$= 2,07 \text{ см} < f^H = \frac{530}{250} = 2,12 \text{ см.}$$

виконується умова граничного прогину (за іншими граничними станами).

### Задача №5

Підібрати переріз сталевого прогону за вихідними даними, визначеним по шифру студента за табл. 8.

Переріз прогону з прокатного швелера (ГОСТ 8240-89) чи двотавра (ГОСТ 26020-83). Коефіцієнти перевантаження для постійних навантажень  $\gamma_{f0} = 1,1$ , для тимчасових  $\gamma_f = 1,3$ . Нормативний прогин  $f_x^n = 1/200$ .

#### Вказівки до рішення задачі

1. Визначаємо за табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 для фасонного прокату заданої марки сталі розрахунковий опір  $R_y$ .

Таблиця 8

Вихідні дані до задачі №5

| № букв | Вихідні дані                                | Ж        | З        | И         | І         | А       | Б       | В         | Г         | Д        | Е         |
|--------|---|----------|----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|
|        |   | Р        | С        | Т         | У         | К       | Л       | М         | Н         | О        | П         |
|        |   | Э        | Ю        | Я         | Ь         | Ф       | Х       | Ц         | Ч         | Ш        | Щ         |
| 1      | Нормативне навантаження, $V_n, \text{кН/м}$ | 18       | 17       | 16        | 15        | 14      | 13      | 12        | 12,5      | 13,5     | 14,5      |
| 2      | Розрахунковий проліт, $l \text{ м}$         | 7,0      | 6,85     | 6,75      | 6,50      | 6,25    | 6,05    | 5,57      | 5,50      | 5,25     | 5,0       |
| 3      | Ухил покрівлі                               | 1/7      | 1/7,3    | 1/7,5     | 1/7,8     | 1/8     | 1/8,2   | 1/8,5     | 1/8,3     | 1/8,4    | 1/8,1     |
| 4      | Марка сталі                                 | 09Г2гр.2 | 09Г2гр.1 | ВСт3пс6-1 | ВСт3пс6-2 | ВСт3кп2 | ВСт3пс6 | 09Г2Сгр.1 | 09Г2Сгр.2 | 09Г2гр.2 | 09Г2Сгр.1 |

Примітка: Для всіх варіантів: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1,0$ ; коефіцієнт умови роботи  $\gamma_c = 1,0$ ; коефіцієнт надійності за навантаженням для тимчасових навантажень  $\gamma_f = 1,3$ .

2. Визначаємо розрахункову схему прогону:

а) задаємося нормативним постійним (від власної ваги прогону)  $g_n = (0,25 \dots 0,5) \text{ кН/м}$  і розрахунковим  $g = \gamma_{f0} g_n$  ( $\gamma_{f0} = 1,1$ ) навантаженнями;

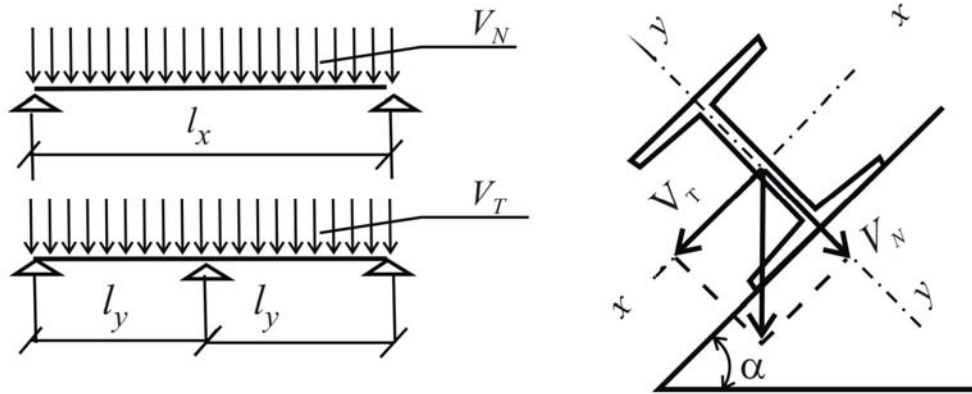


Рис. 10. Схема балки при косому згині (до таблиці 8)

б) знаходимо розрахункове тимчасове навантаження  $V = \gamma_f V_n$ ;

в) розрахункове постійне і тимчасове навантаження розкладаємо: на нормальну складову

$$V_N = (V + g) \cos \alpha; \quad (12)$$

- на скатну складову

$$V_T = (V + g) \sin \alpha; \quad (13)$$

достатньої для практичних цілей точністю при ухилах  $i \leq 1/7$  і менш дозволяється в розрахунках прогонів приймати  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx i$ ;  $\cos \alpha = 0,98 \dots 0,99$ .

Розрахункові прольоти прогону (см. рис. 9):

- для нормальної складової - у площині стінки  $l_x = l$ ;

- для скатної складової - у площині полиць  $l_y = 0,5 l$  (один тяж по схилу покрівлі).

3. Визначаємо розрахункові згинаючі моменти

$$M_x = \frac{V_N l_x^2}{8}; \quad M_y = 0,9 \frac{V_T l_y^2}{8}; \quad (14)$$

0,9 – враховує нерозрізність прогону в площині полиць.

4. Необхідний момент опору (з урахуванням пластичної стадії)

$$W_{номр} = \frac{\frac{M_x 10}{1,12} + k_w \frac{M_y 10}{1,20}}{R_y}, \quad k_w = \frac{W_x}{W_y} \approx 8,0. \quad (15)$$

По сортаменту швелера ГОСТ 8240-89 (див. додаток III) підбирають номер швелера і його розрахункові характеристики:  $I_x$ ,  $W_x$ ,  $W_y$ .

5. Перевірка напружень (по пластичній стадії)

$$\sigma = \frac{M_x 10}{1,12 W_x} + \frac{M_y 10}{1,2 W_y} \leq R_y . \quad (16)$$

Тут коефіцієнти  $C_x = 1,12$  і  $C_y = 1,2$  прийняті приблизно і можуть бути уточнені за табл. 66 ДБН В2.6 - 163:2010.

6. Перевіряємо прогин у площині головного згину від дії нормальних складових нормативних нормальних навантажень

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{10(V_n + g_n) \cos \alpha l^4}{EI_x} . \quad (17)$$

У випадку, якщо  $f_x > f_x^n$ , то з умови прогину необхідно збільшити номер швелера; варто знову зробити перевірку напружень і прийняти сталь більш низької марки, ніж у вихідних даних за шифром.

### Приклад для студента на прізвище КУДРЯ

#### Вихідні дані:

- за 1-ю буквою К - нормативне тимчасове навантаження  $V_n = 14$  кН/м;
- за 2-ю буквою У - розрахунковий проліт  $l = 6,5$  м;
- за 3-ю буквою Д - ухил покрівлі  $1/8,4$ ;
- за 4-ю буквою Р - марка сталі 09Г2-6.

#### Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 для фасонного прокату товщиною  $t \leq 32$  мм сталі 09Г2-6 розрахунковий опір  $R_y = 280$  МПа.

2. Дані до розрахункової схеми прогону:

задаємося нормативним постійним навантаженням (власна вага прогону)  $g_n = 0,3$  кН/м, що відповідає розрахунковому навантаженню  $g = \gamma_{f0} g_n = 1,1 \cdot 0,3 = 0,33$  кН/м. Розрахункове тимчасове навантаження  $V = \gamma_f V_n = 1,3 \cdot 14 = 18,2$  кН/м. Нормальна складова навантаження

$$V_N = (V + g) \cos \alpha = (18,2 + 0,33) 0,98 = 18,16 \text{ кН/м.}$$

Скатна складова навантаження

$$V_T = (V + g) \sin \alpha = (18,2 + 0,33) 1/8 = 2,32 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові прольоти:  $l_x = l = 6,5$  м і  $l_y = 0,5l = 0,5 \cdot 6,5 = 3,25$  м (один тяж).

Розрахункова схема прогону показана на рис.10.

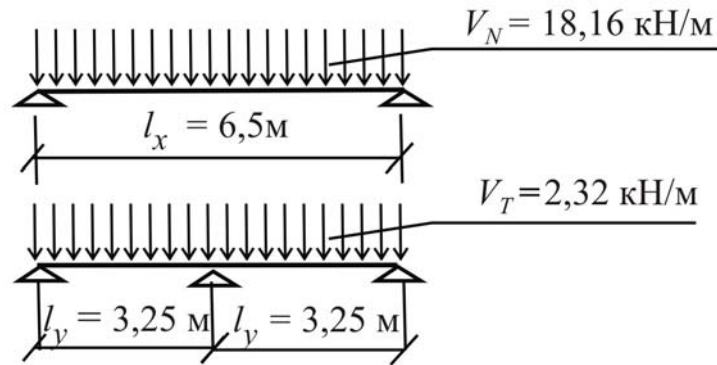


Рис. 11. Розрахункова схема балки прогону покрівлі до прикладу задачі №5

3. Визначаємо розрахункові згинаючі моменти

$$M_x = \frac{V_N l_x^2}{8} = \frac{18,16 \cdot 6,5^2}{8} = 95,90 \text{ кНм};$$

$$M_y = 0,9 \frac{V_T l_y^2}{8} = 0,9 \frac{2,32 \cdot 3,25^2}{8} = 2,75 \text{ кНм};$$

4. Необхідний момент опору (за пластичною стадією роботи матеріалу)

$$W_{номр} = \frac{\frac{M_x \cdot 10}{1,12} + k_w \cdot \frac{M_y \cdot 10}{1,20}}{R_y} = \frac{\frac{9590 \cdot 10}{1,12} + 8 \frac{275,7 \cdot 10}{1,20}}{280} =$$

$$= \frac{85625 + 18380}{280} = 371,4 \text{ см}^3.$$

За сортаментом швелерів ГОСТ 8240-88 підбираємо:  $I_x = 5810 \text{ см}^4$ ;  
 $W_x = 387 \text{ см}^3$ ;  $W_y = 43,6 \text{ см}^3$ .

5. Перевіряємо напруження з урахуванням пластичної стадії

$$\sigma = \frac{M_x \cdot 10}{1,12 \cdot W_x} + \frac{M_y \cdot 10}{1,2 \cdot W_y} = \frac{9590 \cdot 10}{1,12 \cdot 387} + \frac{275,7 \cdot 10}{1,2 \cdot 43,6} = 221,25 + 52,7 =$$

$$= 273,95 \text{ МПа} < 280 \text{ МПа}.$$

Недонапруження складає  $\frac{280 - 273,5}{280} \cdot 100 \% = 2,16 \% < 5\%$ .

6. Перевіряємо прогин у площині головного прогину (вісь x-x) від

$$V_{N,n} = (V_n + g_n) \cos \alpha = (14 + 0,3) \cdot 0,98 = 14,01 \text{ кН/м} = 0,1401 \text{ кН/см};$$

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{V_{N,n} \cdot 10 \cdot l^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,1401 \cdot 10 \cdot 650^4}{210000 \cdot 5810} = 2,67 \text{ см};$$

$$f_x^H = \frac{l_x}{200} = 3,25 \text{ см}, \text{ тобто умова граничного прогину дотримана.}$$

## ЗАДАЧІ З РОЗРАХУНКУ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

### Розрахунок прикріплення кутика до фасонки кутовими зварними швами

Розрахунок кутових зварних швів, що сприймають поздовжню чи поперечну силу, що створюють зріз (умовний), виконують у відповідності зі ДБН В2.6 - 163:2010 (рис. 12):

1) по металу шва і 2) по металу межі плавлення.

Розрахункові площі зрізу визначаються за формулами:

по металу шва

$$A_{wf} = \frac{N \cdot 10}{\beta_f \cdot R_{wf}}; \quad (18.a)$$

по межі сплавлення

$$A_{wz} = \frac{N \cdot 10}{\beta_z \cdot R_{wf}}, \quad (18.б)$$

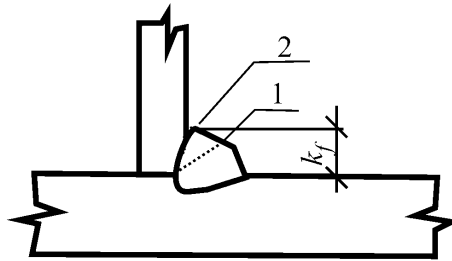


Рис. 12. Розрахункова схема кутового шва

де  $\beta_f$  і  $\beta_z$  — коефіцієнти, що враховують глибину провару кореня шва.

Остаточно приймають розміри швів за більшим значенням  $A_{wf}$  і  $A_{wz}$ . Розрахунок зрізу по металу шва обов'язковий для всіх конструкцій, а по металу межі сплавлення виконується тільки в конструкціях “північного виконання” ( $T_{\min} = -65^{\circ}C$ ) і в приведених задачах не розглядається.

Для прикріплення кутиків до фасонки застосовують ручне чи напівавтоматичне зварювання, для якого коефіцієнт провару  $\beta_f = 0,7$ , а розрахункові опори приведені в табл. 56 ДБН В2.6 - 163:2010. На непровар на початку і кратер наприкінці зварювання до розрахункової довжини шва додають 10 мм.

Щоб уникнути ексцентриситету в прикріпленні кутиків до фасонки при розрахунку і конструюванні центр прикріплення сполучають з центром ваги елементів, що прикріплюються, для чого необхідну площу зрізу швів розподіляють між швом по обушку і швом по перу за «правилом важеля», використовуючи з достатньою для практичних цілей точністю коефіцієнти, приведені на рис. 13.

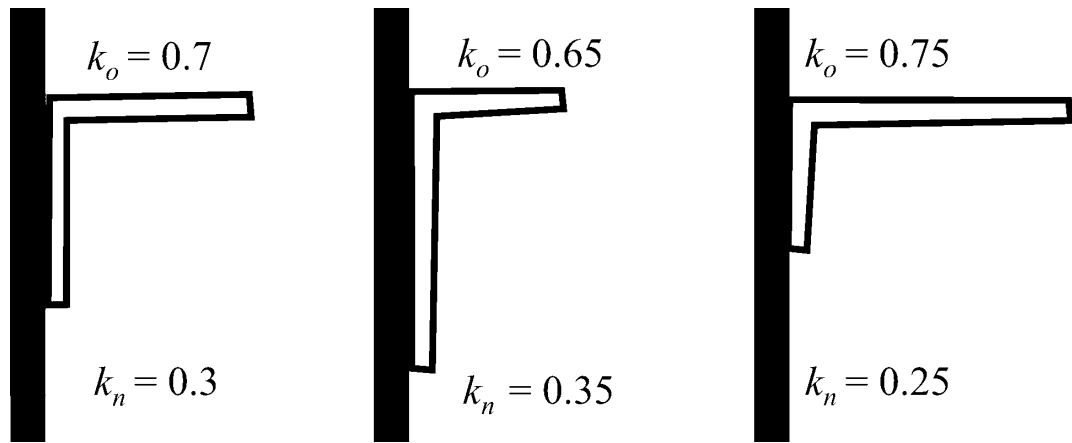


Рис. 13. Коефіцієнти розподілу: на шов по обушку  $k_o$ , на шов по перу  $k_n$

Висота катета шва по перу кутика повинна бути не більш товщини кутика або на 1–2 мм менше товщини кутика (зазначене в завданні). Висота катета шва по обушку з умов недопущення перепалу фасонки не повинна перевищувати  $t_\phi$ .

Катети швів по перу й обушку необхідно округляти до типових розмірів: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 мм. Вибирають товщину фасонки  $t_\phi = t_y + (2 \dots 3)$  мм, округлюючи до стандартних розмірів: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 мм. Довжини флангових швів округляють (у більший бік) до 10 мм, а довжину лобового шва приймають по ширині полиці кутика, що прикріплюється (наприклад, для флангового шва по перу розрахункове значення дорівнює  $l_n = 133$  мм, приймаємо  $l_n = 140$  мм, лобовий шов у кутику L75x6 приймаємо  $l_n = 75$  мм і т.п.).

### Задача №6

Підібрати переріз розтягнутого сталевого елемента для експлуатації при  $T$  до  $-40^\circ\text{C}$  з парних кутиків, розрахувати і сконструювати прикріплення їх до фасонки фланговими швами (рис. 13). Вихідні дані прийняти з табл. 9.

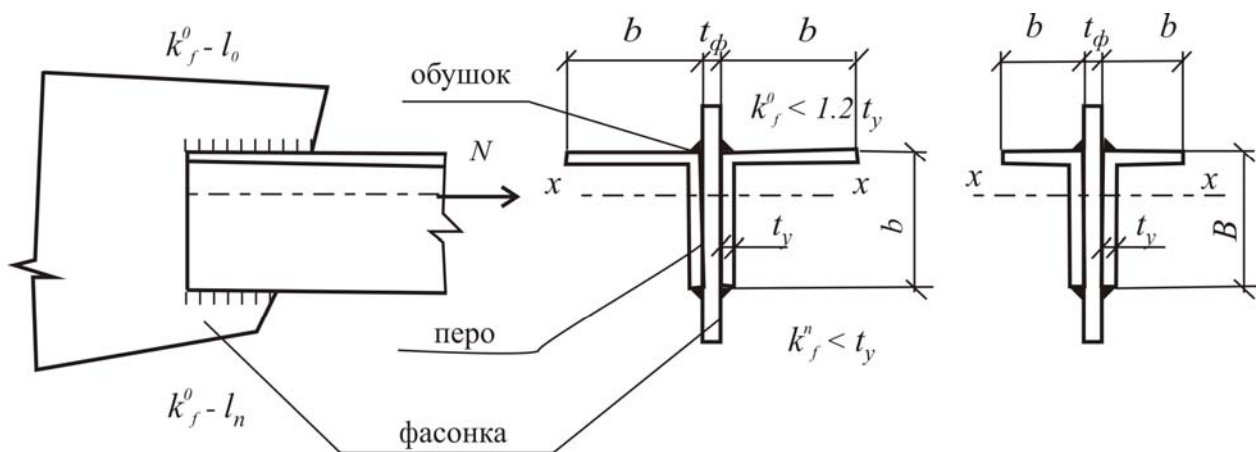


Рис. 14. До умови задачі №6 (табл. 8) і задачі №8 (табл. 10).

## Вихідні дані до задачі №6

| № букви | Вихідні дані               | Ж        | З          | И          | І         | А          | Б          | В       | Г          | Д          | Е         |
|---------|----------------------------|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|---------|------------|------------|-----------|
|         |                            | Р<br>Э   | С<br>Ю     | Т<br>Я     | У<br>Ь, Ї | К<br>Ф     | Л<br>Х     | М<br>Ц  | Н<br>Ч     | О<br>Ш     | П<br>Щ    |
| 1       | Розрахункове зусилля N, кН | 1300     | 1260       | 1100       | 1000      | 950        | 900        | 850     | 800        | 780        | 750       |
| 2       | Тип кутиків                | В×В      | В×В        | В×В        | В×В       | В×В        | В×В        | В×В     | В×В        | В×В        | В×В       |
| 3       | Катет шва по перу $K_f^n$  | $t_y$    | $t_y-1$ мм | $t_y-2$ мм | $t_y$     | $t_y-1$ мм | $t_y-2$ мм | $t_y$   | $t_y-1$ мм | $t_y-2$ мм | $t_y$     |
| 4       | Марка сталі                | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.1   | 09Г2Стр.1  | 09Г2Стр.2 | 09Г2гр.2   | 09Г2Стр.1  | ВСт3кп2 | ВСт3пс6    | ВСт3пс6-1  | ВСт3пс6-2 |

Примітки:

- 1) для всіх задач приймати коефіцієнти надійності  $\gamma_n=1,0$ ; коефіцієнти умов роботи  $\gamma_c=1,0$ ;
- 2) ВхВ - рівнополочний кутик ; Вхв нерівнополочний кутик ;
- 3) катет шва по перу для кутиків товщиною 3, 4, 5, 6 мм приймати рівним товщині кутика незалежно від завдання за 3-ю буквою і у всіх випадках округляти до типових розмірів;
- 4) тип електрода визначати відповідно до марки сталі за табл. 55 ДБН В2.6 - 163:2010.

## Вказівки до рішення задачі

Послідовність розрахунку:

1. За заданою маркою сталі визначають тип електрода, а також розрахункові опори за табл. 53, 55, 56 ДБН В2.6 - 163:2010.
2. Підбирають переріз одного кутика (в елементах із парних кутиків)

$$A_1^{номр} = \frac{N \cdot 10}{2 \cdot R_y} \text{ см}^2 \quad (19)$$

і за сортаментом підбирають розміри кутика (у межах +5% -2% ) від  $A_1^{номр}$  чи обмежень градації розмірів за сортаментом ( найближчий менший профіль має перенапруження). Задаються товщиною фасонки  $t_\phi$  мм, округляючи до стандартного розміру.

3. Розраховують розміри флангових швів. Необхідна площа зрізу швів (по металу шва)

$$A_{wf} = \frac{N \cdot 10}{2 \cdot R_{wf}} \quad (20)$$

Шов по перу

$$A_{wf}^n = k_n \cdot A_{wf} \quad (21)$$



де  $k_n$  - за схемою рис. 12,

Задаємося  $k_f^n$  (за завданням), тоді довжина шва по перу (з округленням до 10 мм)

$$l_n = \frac{A_{wf}^n}{\beta_f k_f^n} + 1 \text{ см.} \quad (22)$$

Шов по обушку

$$A_{wf}^0 = k_0 \cdot A_{wf} \quad (23)$$

**1-й варіант:**  $l_o = l_n$ , тоді катет шва по обушку (з округленням до типового)

$$k_f^0 = \frac{A_{wf}^0}{0,7(l_o - 1)} \leq 1,2t_\phi \quad (24)$$

**2-й варіант:** якщо одержуємо по формулі (24)  $k_f^0 \leq 1,2t_\phi$ , то приймають  $k_f^0 = 1,2t_\phi$  з округленням до типового (с.25) і визначають  $l_0$  (з округленням до 10 мм)

$$l_0 = \frac{A_{wf}^0}{0,7 \cdot k_f^0} + 1 \text{ см.} \quad (25)$$

4. Виконуємо ескіз з позначенням розмірів швів у міліметрах; наприклад, 8-140; 12-180 мм и т.п.

### Приклад для студента з прізвищем РІЙ (вихідні дані за табл. 8)

за 1-ю буквою Р - розрахункове зусилля  $N = 1300$  кН ;

за 2-ю буквою І - тип кутиків В×в (нерівнополичний);

за 3-ю буквою Й - катет шва по перу  $k_f^n = t_y$  ;

за 4-ю буквою (повтор 3-ї) Й - марка сталі 09Г2С-6-2.

### Програма рішення

1. За ДБН В2.6 - 163:2010, табл. 51\* для фасонного прокату товщиною до  $t \leq 10$  мм  $R_y = 365$  МПа, електроди за табл. 55 ДБН В2.6 - 163:2010 (див. табл. 1 додаток II) для сталі 09Г2С-6-2 типу Э50 з розрахунковим опором за табл. 56 (див. табл. 2 додаток II) ДБН В2.6 - 163:2010  $R_{wf} = 215$  МПа.

2. Необхідна площа одного кутика (переріз із парних кутиків)

$$A_{1номр} = \frac{N \cdot 10}{2 \cdot R_y} = \frac{1300 \cdot 10}{2 \cdot 365} = 17,81 \text{ см}^2.$$

Приймаємо за сортаментом нерівнополичних кутиків за ГОСТ 8510-86

Г140 90 9;  $A_1 = 18,0 \text{ см}^2$ .

Допускаємо недобір  $\frac{18-17,81}{17,81} \cdot 100\% = 1,06\%$ , що менший нормативного значення 5%.

Задаємося товщиною фасонки

$$t_{\phi} = t_y + 2 = 8 + 2 = 10 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо необхідну площу зрізу флангових швів (на один кутик)

$$A_{wf} = \frac{N \cdot 10}{2R_{wf}} = \frac{1300 \cdot 10}{2 \cdot 215} = 30,23 \text{ см}^2;$$

шов по перу

$$A_{wf}^n = k_n A_{wf} = 0,35 \cdot 30,23 = 10,58 \text{ см}^2;$$

катет шва по перу за завданням  $k_f^n = t_y = 10 \text{ мм.}$

Довжина шва по перу

$$l_n = \frac{A_{wf}^n}{\beta_f k_f^n} + 1,0 = 15,12 + 1 = 16,12 \text{ см.}$$

Приймаємо  $l_n = 170 \text{ мм}$ ; шов — 10-170.

Шов по оболушці

$$A_{wf}^0 = k_0 A_{wf} = 0,65 \cdot 30,23 = 19,65 \text{ см}^2.$$

**1-й варіант:**  $l_0 = l_n$ , тоді

$$k_f^0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f (l_0 - 1)} = \frac{19,65}{0,7(17 - 1)} = 1,75 > 1,2 t_{\phi} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ см.}$$

**2-й варіант:**  $k_f^0 = 1,2 t_{\phi} = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2 \text{ см}$ , приймаємо  $k_f^0 = 12 \text{ мм}$ ;

$$l_0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f k_f^0} + 1 = \frac{19,65}{0,7 \cdot 1,2} + 1 = 23,34 + 1 = 24,34 \text{ см.}$$

Приймаємо  $l_0 = 210 \text{ мм}$ ; шов 12-250.

5. Виконуємо ескіз (рис. 15).

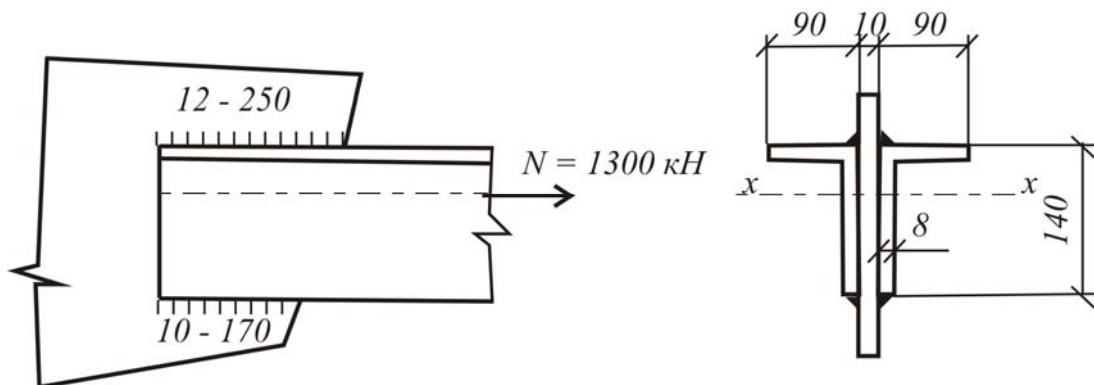


Рис. 15. Ескіз до рішення задачі №6

## Задача №7

Підібрати переріз розтягнутого сталевго елемента із парних кутиків при температурі експлуатації  $t$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ , розрахувати і сконструювати прикріплення кутиків до фасонки фланговими і лобовими швами (рис. 16). Вихідні дані прийняти з табл. 10.

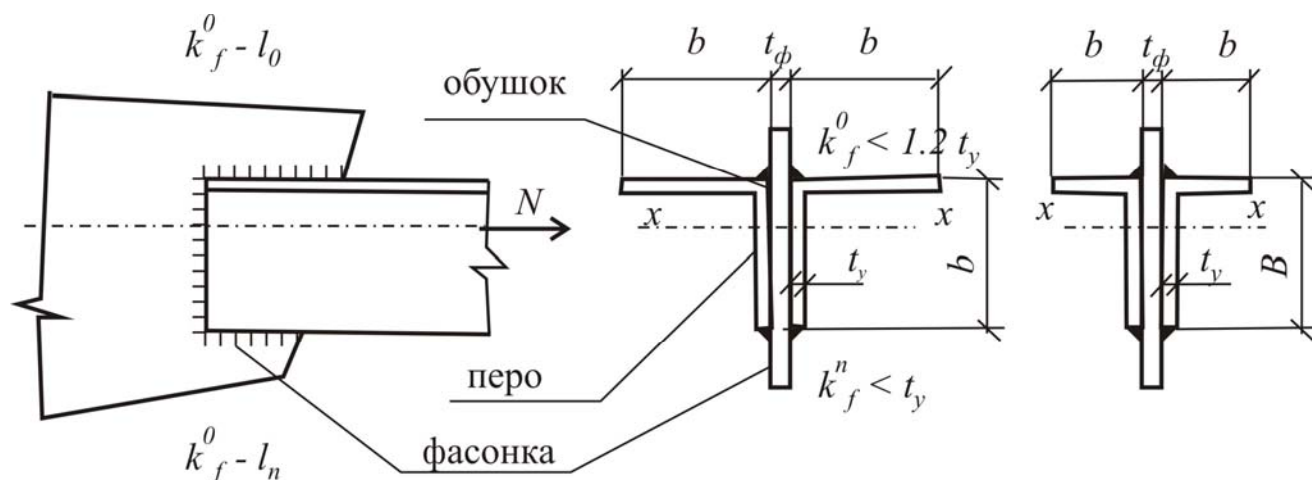


Рис. 16. До умови задачі №7 (табл. 10) і задачі №9 (табл. 12)

Таблиця 10

### Вихідні дані до задачі №7

| № букв | Вихідні дані                  | Ж          | З          | И       | І          | А          | Б         | В          | Г          | Д        | Е          |
|--------|-------------------------------|------------|------------|---------|------------|------------|-----------|------------|------------|----------|------------|
|        |                               | Р          | С          | Т       | У          | К          | Л         | М          | Н          | О        | П          |
|        |                               | Э          | Ю          | Я       | Ь          | Ф          | Х         | Ц          | Ч          | Ш        | Щ          |
| 1      | Розрахункове зусилля $N$ , кН | 800        | 850        | 900     | 950        | 1000       | 1050      | 1100       | 1150       | 1200     | 1250       |
| 2      | Тип кутиків                   | В×В        | В×В        | В×В     | В×В        | В×В        | В×В       | В×В        | В×В        | В×В      | В×В        |
| 3      | Катет шва по перу $k_f^n =$   | $t_y-1$ мм | $t_y-2$ мм | $t_y$   | $t_y-1$ мм | $t_y-2$ мм | $t_y$     | $t_y-1$ мм | $t_y-2$ мм | $t_y$    | $t_y-1$ мм |
| 4      | Марка сталі                   | ВСт3пс6-1  | ВСт3пс6-2  | ВСт3кп2 | ВСт3пс6    | 09Г2Стр.1  | 09Г2Стр.2 | 09Г2гр.2   | 09Г2Стр.1  | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.1   |

Примітки: 1) для всіх задач приймати: коефіцієнти надійності  $\gamma_n = 1,0$ , коефіцієнти умов роботи  $\gamma_c = 1,0$ ;

2) ВхВ - рівнополічний кутик, Вхв - нерівнополічний кутик;

3) катет шва по перу для кутиків товщиною 3, 4, 5, 6 мм приймати рівним товщині кутика незалежно від завдання за 3-й букві але у всіх випадках таким, що дорівнює одному з типових розмірів;

4) тип електрода визначати відповідно до марки сталі (за табл. 55 ДБН В.2.6 - 163:2010).

## Вказівки до рішення задачі

### Послідовність розрахунку:

1. За заданою маркою сталі визначають відповідний тип електрода, а також розрахункові опори сталі і зварних швів при відповідних електродах користуючись табл. 51, 55 65 ДБН В2.6 - 163:2010.

2. Підбирають переріз одного кутика (у елементі із парних кутиків) і по сортаменту підбирають розміри кутика (у межах  $+5\% - 2\%$  від  $A_1^{номр}$  чи обмежень градації розмірів за сортаментом, якщо найближчий менший профіль має перенапруження). Задаємо товщиною фасонки  $t_\phi = t_y + (2 \dots 3)$  мм і округляємо її до стандартного розміру.

3. Визначаємо необхідну площу зрізу усіх швів (на один кутик) за формулою (20).

Задаємо розмірами лобового шва  $l_n = B$ ,  $k_f^n = t_y$  з площею шва

$$A_{wf}^n = 0.7k_f^n(l_n - 1); \quad (26)$$

необхідна площа зрізу флангових швів

$$A_{wf}^\phi = A_{wf} - A_{wf}^n. \quad (27)$$

Далі розрахунок ведеться в тій же послідовності, що й у задачі 6:

- 1) шов по перу визначається по формулам (21) і (22);
- 2) шов по обушку може бути визначений: 1-й варіант – по формулах (23) і (24); 2-й варіант – за формулою (25).
- 3) Виконуємо ескіз.

### Приклад для прізвища ПЕЖ

Вихідні дані (за табл. 9) :

за 1-ю буквою Е – розрахункове зусилля  $N = 1250$  кН;

за 2-ю буквою Ж – тип кутиків Вхв (нерівнополичний) ;

за 3-ю буквою Ж – катет по перу  $t_1 - 1$  мм;

за 4-ю буквою Ж – сталь марки ВСтЗпс6-1

### Програма рішення

1. За ДБН В2.6 - 163:2010, табл. 51\* для фасонного прокату товщиною  $t \leq 10$  мм  $R_{wf} = 240$  МПа. Електроди приймаємо за табл. 55 (див. табл. 1 додаток II) Э42 і за табл. 56 (див. табл. 2, додаток II)  $R_{wf} = 180$  МПа.

2. Необхідна площа одного кутика (переріз з парних кутиків)

$$A_1 = \frac{N \cdot 10}{2R_y} = \frac{1250 \cdot 10}{2 \cdot 240} = 26,04 \text{ см}^2.$$

Приймаємо за сортаментом нерівнополичних кутиків за ГОСТ 8509-86

180x110x10;  $A_1 = 28,3 \text{ см}^2$ .

Це більше необхідної площі на  $\frac{28,3 - 26,04}{26,04} \cdot 100\% = 8,67\% > 5\%$ , що припустимо, тому що найближчий менший розмір кутика менший необхідного.

Задаємо товщину фасонки  $t_{\phi} = t_y + 2 = 10 + 2 = 12$  мм.

3. Визначаємо загальну необхідну площу зрізу шва (на один кутик)

$$A_{wf} = \frac{Nl_0}{2R_{wf}} = \frac{1250 \cdot 10}{2 \cdot 180} = 34,72 \text{ см}^2$$

Задаємо лобовий шов  $l_n = B = 180$  мм;  $k_f^{\Lambda} = 10 - 1 = 9$  мм;

$$A_{wf}^{\Lambda} = \beta_f k_f^{\Lambda} (l_{\Lambda} - 1) = 0,7 \cdot 0,9 (18 - 1) = 10,11 \text{ см}^2.$$

Необхідна площа зрізу флангових швів

$$A_{wf}^{\phi} = A_{wf} - A_{wf}^{\Lambda} = 34,72 - 10,11 = 24,61 \text{ см}^2.$$

Шов по перу за завданням  $k_f^n = t_y - 1 = 10 - 1 = 9$  мм;

$$A_{wf}^n = k_n A_{wf}^{\phi} = 0,3 \cdot 24,61 = 7,38 \text{ см}^2;$$

$$l_n = \frac{A_{wf}^n}{\beta_f k_f^n} + 1 = \frac{7,38}{0,7 \cdot 0,9} + 1 = 11,71 + 1 = 12,71 \text{ см}.$$

Приймаємо довжину шва по перу  $l_n = 130$  мм, тобто шов 9 - 130 мм.

Шов по обушку:

1-й варіант: приймаємо  $l_0 = l_n = 130$  мм;

$$A_{wf}^0 = k_0 A_{wf}^{\phi} = 0,7 \cdot 24,61 = 17,23 \text{ см}^2;$$

$$k_f^0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f (l_0 - 1)} = \frac{17,23}{0,7 (13 - 1)} = 2,05 \text{ см} > 1,2 t_{\phi} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ см}.$$

2-й варіант: приймаємо  $1,2 t_{\phi} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44$  см, приймаємо  $k_f^0 = 14$  мм;

$$l_0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f k_f^0} + 1 = \frac{17,23}{0,7 \cdot 1,4} + 1 = 17,58 + 1 = 18,58 \text{ см}.$$

Приймаємо  $l_0 = 190$  мм, тобто шов 14-190.

Викреслюємо ескіз у масштабі 1:5 (рис. 17).

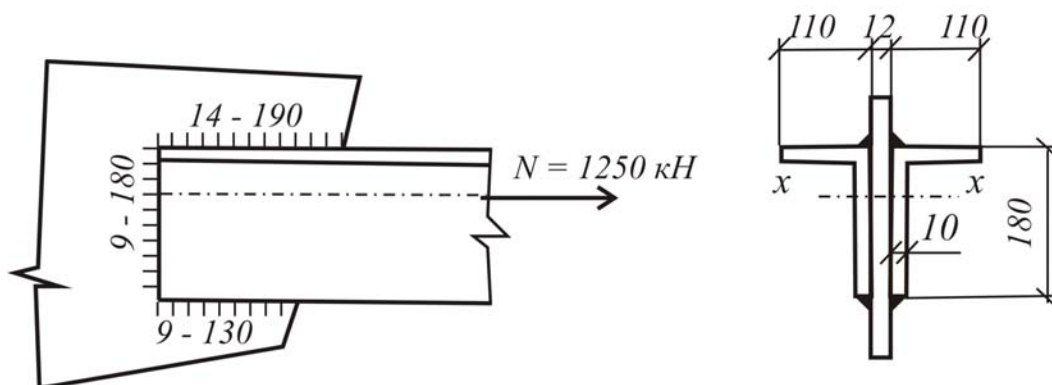


Рис. 17. Ескіз до рішення задачі №7

## Задача №8

Розрахувати і сконструювати рівномічне (по площі перерізу) прикріплення кутика до фасонки фланговими швами (рис. 14). Вихідні дані прийняти за табл. 11.

### Вказівки до рішення задачі

#### Послідовність розрахунку:

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо для заданої марки сталі  $R_y$ , за табл. 55 – відповідний тип електрода, а за табл. 56 -  $R_{wf}$ .

2. Необхідна площа зрізу флангових швів

$$A_{wf} = A_1 \frac{R_y}{R_{wf}}, \quad (28)$$

де  $A_1$  - площа перерізу заданого кутика (см<sup>2</sup>) відповідно до сортаменту;  $R_y, R_{wf}$  - розрахункові опори основного металу і зварного шва.

3. Розрахунок і конструювання швів по перу і по обушку варто робити в послідовності, вказаний для задачі і прикладу №6.

Таблиця 11

### Вихідні дані до задачі №8

| № букв | Вихідні дані              | Ж                | З                 | И                | І                 | А                  | Б                | В                  | Г                 | Д                  | Є                  |
|--------|---------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|        |                           | Р<br>Е           | С<br>Ю            | Т<br>Я           | У<br>Ь            | К<br>Ф             | Л<br>Х           | М<br>Ц             | Н<br>Ч            | О<br>Ш             | П<br>Щ             |
| 1      | Розмір кутика             | 75x50x6<br>125x8 | 80x50x6<br>125x10 | 90x56x6<br>110x8 | 110x63x7<br>100x8 | 140x90x8<br>100x12 | 125x80x8<br>90x8 | 125x80x109<br>0x10 | 140x90x108<br>0x6 | 160x100x107<br>5x6 | 160x100x107<br>0x6 |
| 2      | Тип кутика                | В×В              | В×В               | В×В              | В×В               | В×В                | В×В              | В×В                | В×В               | В×В                | В×В                |
| 3      | Катет шва по перу $k_f^n$ | $t_y$ -2мм       | $t_y$             | $t_y$ -1мм       | $t_y$ -2 мм       | $t_y$              | $t_y$ -1 мм      | $t_y$ -2 мм        | $t_y$             | $t_y$ -1 мм        | $t_y$ -2 мм        |
| 4      | Марка сталі               | 09Г2С-6          | 09Г2С-6-1         | 09Г2С-6-2        | ВСт3кп2           | ВСт3пс6            | 09Г2-6           | 09Г2-6-1           | 09Г2-6-2          | ВСт3пс6-1          | ВСт3пс6-2          |

Примітки: 1) розміри кутика приймаються залежно від його типу;

2) катет шва по перу кутиків  $t_y = 6$  мм приймати  $k_f^n = 6$  мм незалежно від завдання за 3-ю буквою і у всіх випадках типових розмірів ;

3) тип електрода приймаємо з урахуванням марки сталі за табл. 55, а розрахунковий опір зрізу шва – за табл. 56 ДБН В2.6 - 163:2010.

## Приклад для студента з прізвищем КОЛОДА

Вихідні дані (за табл.11) :

за 2-ю буквою О – нерівнополичний кутик,

тоді за 1-ю буквою К – кутик **L**140x90x8;

за 3-ю буквою Л - катет шва по перу  $k_f^n = t_1 - 1 = 8 - 1 = 7$  мм;

за 4-ю буквою О – сталь ВСтЗпс6-1.

### Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо для сталі марки ВСтЗпс6-1  $R_y = 230$  МПа, за табл. 55 (див. табл. 1 додаток II) для цієї сталі – тип електрода Э42 і за табл. 56 (див. табл. 2 додаток II)  $R_{wf} = 180$  МПа.

2. Необхідна площа зрізу флангових швів для рівномірного прикріплення (по площі кутика **L** 140x90x8  $A_1 = 18$  см<sup>2</sup> за ГОСТ 8509 - 72)

$$A_{wf}^\phi = A_1 \frac{R_y}{R_{wf}} = 18 \frac{240}{180} = 24 \text{ см}^2 ;$$

шов по перу

$$A_{wf}^n = k_n A_{wf}^\phi = 0,35 \cdot 24 = 8,4 \text{ см}^2 .$$

Катет по перу (за завданням)  $k_f^n = t_y - 1 = 8 - 1 = 7$  мм.

Довжина шва по перу

$$l_n = \frac{A_f^n}{\beta_f k_f^n} + 1 = \frac{8,4}{0,7 \cdot 0,7} + 1 = 17,1 + 1 = 18,1 \text{ см.}$$

Приймаємо  $l_n = 180$  мм ; шов 7-180.

Шов по обушку при товщині фасонки  $t_\phi = t_y + 2 = 8 + 2 = 10$  мм .

1-й варіант :  $l_0 = l_n = 18$  см

$$A_{wf}^0 = k_0 A_{wf}^\phi = 0,65 \cdot 24 = 15,6 \text{ см}^2 ;$$

$$k_f^0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f (l_0 - 1)} = \frac{15,6}{0,7(18-1)} = 1,31 \text{ см} > 1,2 t_\phi = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2 \text{ см.}$$

2-й варіант:  $k_\phi^0 = 1,2 \cdot t_\phi = 1,2 \cdot 10 = 12$  мм ;

$$l_0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta k_f^0} + 1 = \frac{15,6}{0,7 \cdot 1,2} + 1 = 18,6 + 1 = 19,6 \text{ см.}$$

Приймаємо  $l_0 = 20$  см , тобто шов 12-200.

Приймаємо 2-й варіант.

Виконуємо ескіз (рис. 18).

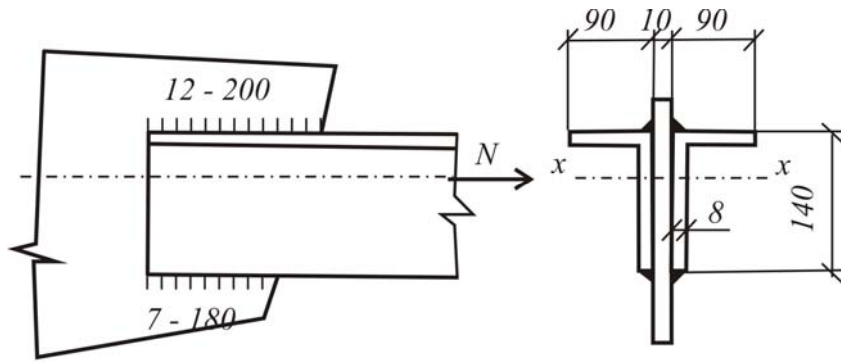


Рис. 18. Ескіз до рішення задачі №8

### Задача №9

Розрахувати і сконструювати рівномірне за площею перерізу прикріплення до фасонки фланговими і лобовими швами (див. рис. 16).

Вихідні дані прийняти за табл. 12.

#### Вказівки до рішення задачі

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо для сталі заданої марки  $R_y$ , за табл. 55 – відповідний тип електрода і за табл. 56 – розрахунковий опір зрізу шва  $R_{wf}$ .

$$A_{wf} = A_1 \frac{R_y}{R_{wf}}, \quad (29)$$

де  $A_1$  - площа перерізу заданого кутика ( $\text{см}^2$ ), узята відповідно до сортаменту;  $R_y, R_{wf}$  - розрахункові опори основного металу і зварного шва.

Розрахунок і конструювання швів лобового, по перу і по обушку виконуємо в послідовності, вказаній в задачі.

Таблиця 12

#### Вихідні дані до задачі №9

| № букв | Вихідні дані                 | Ж                  | З                  | И                 | І                 | А                | Б                   | В                 | Г                | Д                 | Є                |
|--------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|        |                              | Р<br>Е             | С<br>Ю             | Т<br>Я            | У<br>Ь            | К<br>Ф           | Л<br>Х              | М<br>Ц            | Н<br>Ч           | О<br>Ш            | П<br>Щ           |
| 1      | Розмір кутика                | 160x100x12<br>70x6 | 160x100x10<br>75x6 | 140x90x8<br>90x10 | 125x80x10<br>80x6 | 125x80x8<br>90x8 | 140x90x10<br>100x12 | 100x63x7<br>100x8 | 90x56x6<br>110x8 | 80x50x6<br>125x10 | 75x50x6<br>125x8 |
| 2      | Тип кутика                   | В×В                | В×В                | В×В               | В×В               | В×В              | В×В                 | В×В               | В×В              | В×В               | В×В              |
| 3      | Катет шва по перу $k_{fn} =$ | $t_y$              | $t_y-1$ мм         | $t_y-2$ мм        | $t_y$             | $t_y-1$ мм       | $t_y-2$ мм          | $t_y$             | $t_y-1$ мм       | $t_y-2$ мм        | $t_y$            |
| 4      | Марка сталі                  | ВСт3пс6-2          | 09Г2гр.1           | 09Г2Сгр.1         | 09Г2Сгр.2         | ВСт3пс6-1        | 09Г2гр.2            | 09Г2Сгр.2         | ВСт3кп2          | ВСт3к6            | 09Г2Сгр.1        |



Примітки: 1) при ВхВ за 2-ю буквою приймаємо рівнополичний кутик, відповідно при Вхв – нерівнополичний ;

2) катет шва по перу для кутиків  $t_y = 6$  мм приймаємо  $k_{fn} = 6$  мм, незалежно від завдання за 3-ю буквою і у всіх випадках  $k_{fn}$  і  $k_{f0}$  приймаємо типових розмірів ;

3) тип електрода визначати за табл. 55 ДБН В2.6 – 163:2010.

### Приклад для студента на прізвище ІВАНОВ.

Вихідні дані:

за 1-ю буквою І и за 2-ю буквою ВхВ – рівнополичний кутик **L 80x6**;

за 3-ю буквою А – шов по перу  $k_{fn} = t_y - 1 = 6 - 1 = 5$  мм, з урахуванням

примітки 2 до табл. 11 приймаємо  $k_{fn} = 6$  мм ;

за 4-ю буквою і Н – марка сталі ВСтЗкп2.

### Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо для сталі марки ВСтЗкп2  $t \leq 10$  мм,  $R_y = 225$  МПа. За табл. 55 (див. табл. 1, додаток II) приймаємо електроди типу Э42 з розрахунковим опором за табл. 56 (див. табл. 2, додаток II)  $R_{wf} = 180$  МПа.

2. Необхідна площа зрізу усіх швів рівноміцного прикріплення кутика **L80x6** :  $A_1 = 9.38$  см<sup>2</sup> (за ДСТУ 2251-93 )

$$A_{wf} = A_1 \frac{R_y}{R_{wf}} = 9,38 \frac{225}{180} = 11,725 \text{ см}^2 .$$

Задаємо лобовий шов :  $l_\Lambda = B = 8$  см;  $k_f^n = t_1 = 6$  мм;

$$A_{wf}^n = \beta_f k_f^n (l_\Lambda - 1) = 0,7 \cdot 0,6(8 - 1) = 2,86 \text{ см}^2 .$$

Необхідна площа флангових швів

$$A_{wf}^\phi = A_{wf} - A_{wf}^n = 11,725 - 2,86 = 8,865 \text{ см}^2 .$$

Шов по перу  $k_f^n = t_1 = 6$  мм мм:

$$A_{wf}^n = K_n A_{wf}^\phi = 0,3 \cdot 8,865 = 2,66 \text{ см}^2 ;$$

$$l_n = \frac{A_{wf}^n}{\beta_f k_f^n} = \frac{2,66}{0,7 \cdot 0,6} + 1 = 6,33 + 1 = 7,33 \text{ см} .$$

Приймаємо  $l_n = 80$  мм, тобто шов 6 - 80.

Шов по обушку:  $A_{wf}^0 = k_0 A_{wf}^\phi = 0,6 \cdot 8,865 = 5,32 \text{ см}^2 .$

1-й варіант :

шов по обушку при товщині фасонки  $t_\phi = t_y + 2 = 6 + 2 = 8$  мм ,

$$k_f^0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f(l_0 - 1)} = \frac{5,32}{0,7(8 - 1)} = 1,1 \text{ см} > 1,2 t_\phi = 1,2 \cdot 0,8 = 0,96 \text{ см.}$$

2-й варіант : приймаємо  $k_f^0 = 1,2 \cdot 0,8 = 0,9 \text{ см}$ ,

$$l_0 = \frac{A_{wf}^0}{\beta_f k_f^0} + 1 = \frac{5,32}{0,7 \cdot 1,0} + 1 = 7,6 + 1 = 8,6 \text{ см.}$$

Приймаємо  $l_0 = 100 \text{ мм}$  , тобто шов 9-100.

Викреслюємо ескіз (рис. 19).

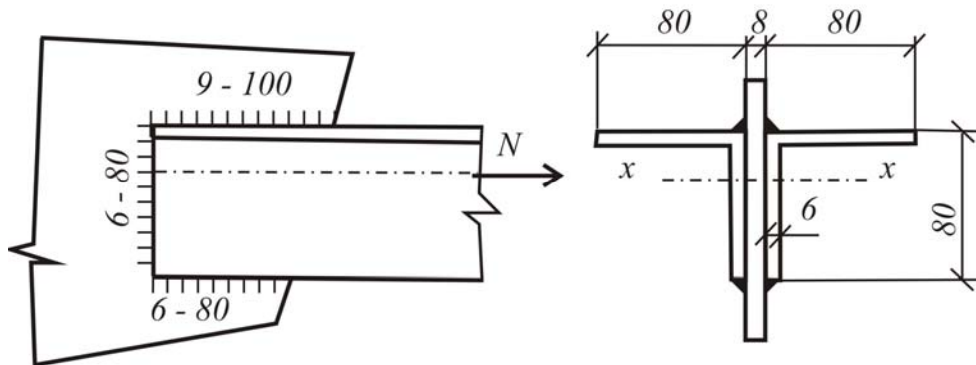


Рис. 19. Ескіз до рішення задачі №9

## РОЗРАХУНОК БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

У даному розділі розглядаються задачі з'єднань за двома видами болтів.

**Задача №10** – розрахунок і конструювання з використанням звичайних болтів нормальної і грубої точності;

**Задача №11** – розрахунок і конструювання з використанням високоміцних і попередньо напружених болтів.

### Задача №10 .

Підібрати переріз розтягнутого елемента зі сталевих парних кутиків, розрахувати і сконструювати їх кріплення до фасонки болтами нормальної точності. Вихідні дані прийняти за табл. 13.

Таблица 13

Вихідні дані до задачі №10

| № букв | Вихідні дані             | Ж      | З      | И      | І      | А      | Б      | В      | Г      | Д      | Е      |
|--------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |                          | Р<br>Э | С<br>Ю | Т<br>Я | У<br>Ь | К<br>Ф | Л<br>Х | М<br>Ц | Н<br>Ч | О<br>Ш | П<br>Щ |
| 1      | Розрахункове зусилля, кН | 1400   | 1350   | 1300   | 1250   | 1200   | 1150   | 1100   | 1050   | 1000   | 950    |
| 2      | Діаметр болта, мм        | 16     | 18     | 20     | 22     | 24     | 16     | 18     | 20     | 22     | 24     |
|        | Діаметр отвору, мм       | 18     | 20     | 22     | 24     | 26     | 18     | 20     | 22     | 24     | 26     |

|   |                     |          |          |           |          |          |          |         |         |           |           |
|---|---------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|-----------|-----------|
| 3 | Клас міцності болта | 4,6      | 4,8      | 5,6       | 5,8      | 6,6      | 4,6      | 4,8     | 5,6     | 5,8       | 6,6       |
| 4 | Марка сталі кутиків | 09Г2Сгр2 | 09Г2Сгр1 | 09Г2Сгр.2 | 09Г2гр.1 | 09Г2гр.2 | 09Г2гр.2 | ВСт3кп2 | ВСт3пс6 | ВСт3пс6-1 | ВСт3пс6-2 |

Примітки : 1) для всіх задач приймати: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1,0$ ; коефіцієнт умов роботи  $\gamma_c = 1,0$ ;

2) рекомендується підбирати переріз з нерівнополичних кутиків.

### Вказівки до рішення задачі

#### Послідовність розрахунку

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо для заданої марки сталі фасонного прокату  $R_y$ , а за табл. 58 і 59 ДБН В2.6 - 163:2010 розрахунковий опір для болтового з'єднання  $R_{bs}$  і  $R_p$  (див. табл. 3, 4 додаток II).

2. Необхідну площу перерізу кутиків визначаємо за формулою (1) задачі 1,

$\left( A_{y, \text{нотр}} = \frac{N(10)}{k_{\text{осл}} R_y}, \text{см}^2 \right)$ , далі за сортаментом нерівнополичних кутиків підбираємо переріз і перевіряємо за формулами (2) і (3) задачі 1.

Коефіцієнт ослаблення  $k_{\text{осл}}$  приймають в залежності від діаметру отворів.

$$d_0 = 24 \dots 26 \text{ мм} - k_{\text{осл}} = 0.75;$$

$$d_0 = 20 \dots 22 \text{ мм} - k_{\text{осл}} = 0.82,$$

$$d_0 < 20 \text{ мм} - k_{\text{осл}} = 0.9.$$

Задаємося товщиною фасонки  $t_\phi = t_y + (3 \dots 4) \text{ мм}$ , округляючи до типового розміру.

1. Здійснюємо розрахунок кількості болтів.

За умови зрізу

$$n_e = \frac{N(10)}{\frac{\pi d_e^2}{4} n_{зр} R_{es}}, \quad (30)$$

За умови зминання

$$n_e = \frac{N(10)}{d_e t_\phi R_p}, \quad (31)$$

де  $n_e$  - розрахункова кількість болтів, округлена до цілих у більший бік;  $n_{зр}$  - кількість площин зрізу болтів;  $R_{es}$ ,  $R_p$  - розрахункові опори за табл. 58 і 59 ДБН

В2.6 - 163:2010  $d_b$  - діаметр болта, як правило, приймають за шифром, однак можливі відхилення у випадках:

а) перевищення заданого  $d_b$  проти  $d_{max}$  дорівнює 2мм для даної ширини полиці кутика (табл. 4). У цьому випадку приймаємо  $d_b = d_{max} - 2$  мм;

б) для кутиків з полицями 90 125 мм приймаємо  $d_b = 22$  24 мм незалежно від діаметра, заданого за шифром. Остаточоно приймаємо більшу кількість болтів, визначених за формулами (30) і (31).

3. Конструюємо з'єднання, при цьому:

- поздовжні риси розташовуємо за даними табл. 4;
- крок болтів і доріжка в дворядовому з'єднанні ( п. 12.19 ДБН В2.6 - 163:2010) повинні бути не менше  $2,5 d_b$ ;
- для болтів діаметром до 22 мм рекомендуємо приймати типовий крок 60 мм, обріз (від торця до осі першого болта) 40 мм, а для болтів 24 27 мм – типовий крок 70 мм, обріз 60 мм.

### Приклад для студента з прізвищем ПЕТРОВ

#### Вихідні дані:

за 1-ю буквою П - розрахункове зусилля  $N = 950$  кН;

за 2-ю буквою Е - діаметр болта 24 мм, отвору 26 мм;

за 3-ю буквою Т - болти класу 5.6;

за 4-ю буквою Р - сталь куточків. 09Г2Сгр1

### Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 для сталі марки 09Г2С-6 фасонного прокату товщиною  $t : 10$  мм,  $R_y = 335$  МПа. (табл. 1, табл. 2, додаток І)

Для болтів класу 5.6 за табл. 2, додатка І розрахунковий опір зрізу  $R_{bs} = 190$  МПа, а для сталі марки 09Г2С-6, що має нормативний тимчасовий опір за табл. 51\*  $R_{un} = 490$  МПа, розрахунковий опір зминанню за табл. 3, додатка І  $R_{bp} = 570$  МПа.

2. Необхідна площа одного кутика при  $k_{ocл} = 0.75$  (при отворах  $d_0 = 26$  мм)

$$A_y = \frac{N10}{2k_{ocл}R_y} = \frac{950 \cdot 10}{2 \cdot 0,75 \cdot 335} = 18,91 \text{ см}^2.$$

За сортаментом ДСТ 8510-72 підбираємо **L** 125x80x10;  $A_y = 19,7 \text{ см}^2$ ;

$$A_n = 2(A_y - d_0 t_y) = 2(19,7 - 2 \cdot 2,6 \cdot 1) = 29,0 \text{ см}^2;$$

$$\sigma = \frac{N10}{A_n} = \frac{950 \cdot 10}{29} = 327,6 \text{ МПа} < R_y = 330 \text{ МПа}.$$

Недонапруження  $\frac{330 - 327.6}{330} 100 \% = 0,73 \% < 5 \%.$

3. Розрахункова кількість болтів: за умови зрізу

$$n_B = \frac{N10}{\frac{\pi d_0^2}{4} n_{cp} R_{bs}} = \frac{950 \cdot 10}{\frac{3.14 \cdot 2.4^2}{4} \cdot 2 \cdot 230} = \frac{9500}{2079} = 4.57;$$

за умови змінання при товщині фасонки

$$t_\phi = t_y + 4 \text{ мм} = 10 + 4 = 14 \text{ мм} < 2 t_y = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мм};$$

$$n_B = \frac{N10}{d_0 t_\phi R_{bp}} = \frac{950 \cdot 10}{2.4 \cdot 1.4 \cdot 570} = \frac{9500}{1915} = 4.96 > 4.57.$$

Остаточо приймаємо п'ять болтів.

4. Виконуємо ескіз (рис. 20).

\* Для кутиків з полицями  $\geq 140$  мм, болти розміщуються у 2 ряди (див. табл. 4), тоді  $A_n = 2(A_y - 2d_0 t_y)$ .

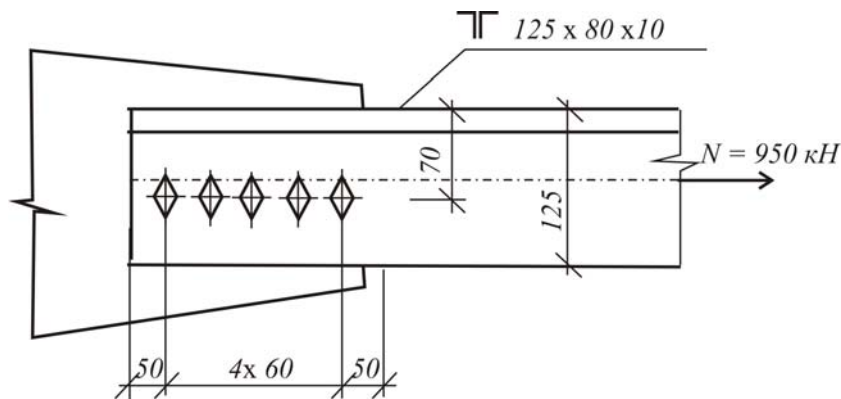


Рис. 20. Ескіз до рішення задачі № 10

### Задача №11

Підібрати переріз розтягнутого елемента із сталевих парних кутиків, розрахувати і сконструювати їх кріплення до фасонки високоміцними, стійкими на зсув попередньо напруженими болтами. Вихідні дані прийняти за табл. 14.

Таблиця 14

Вихідні дані до задачі №11

| № букв | Вихідні дані             | Ж   | З    | И    | І    | А    | Б    | В    | Г    | Д    | Є    |
|--------|--------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |                          | Р   | С    | Т    | У    | К    | Л    | М    | Н    | О    | П    |
|        |                          | Е   | Ю    | Я    | Ь    | Ф    | Х    | Ц    | Ч    | Ш    | Щ    |
| 1      | Розрахункове зусилля, кН | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 |
| 2      | Діаметр болта, мм        | 24  | 24   | 22   | 20   | 18   | 27   | 24   | 22   | 20   | 18   |
|        | Спосіб обробки поверхонь | а   | б    | в    | г    | а    | б    | в    | г    | б    | в    |

|   |  |              |           |              |         |              |          |              |         |         |          |
|---|--|--------------|-----------|--------------|---------|--------------|----------|--------------|---------|---------|----------|
| 3 | Сталь болта і спосіб регулювання напружень:<br>- за моментом закручування<br>- за кутом повороту гайки | 40X "Селект" | 35X2AФ    | 40X "Селект" | 30X3МФ  | 40X "Селект" | 30X2НМФА | 40X "Селект" | 30X3МФ  | 30X3НФ  | 30X2НМФА |
| 4 | Марка сталі кутиків  | 09Г2Сгр1     | ВСт3пс6-2 | 09Г2гр1      | 09Г2С-6 | ВСт3кп2      | ВСт3кп6  | ВСт3пс6-1    | 09Г2гр1 | 09Г2гр2 | 09Г2гр1  |

Примітки: 1) при підборі перерізів елементів приймати: коефіцієнт надійності  $\gamma_n = 1.0$ ; коефіцієнт умов роботи  $\gamma_c = 1.0$ ;

2) тимчасовий опір розриву сталі  $R_{вун}$  високоміцних болтів приймати за табл. 61 ДБН В2.6 - 163:2010, табл. 4, додатка II;

3) болти категорії Б - нормальної стійкості на зсув,  $d_0 = d_b + (1...4)$  мм;

4) спосіб обробки контактних поверхонь а, б, в, г - за табл. 15.

### Вказівки до рішення задачі

#### Послідовність розрахунку

1. За заданою маркою сталі з табл. 51 ДБН В2.6 - 163:2010 установлюємо розрахунковий опір основного металу  $R_y$ .

Тимчасовий опір високоміцного болта  $R_{вун}$ .

Необхідна площа перерізу кутиків  $Ak_{осл}$ , тобто

$$A_{нотр} = \frac{N(10)}{k_{осл} R_y}.$$

При ослабленні менш 15% за розрахунковий переріз приймаємо повну площу, тобто,  $k_{осл} = 1.0$ , а при ослабленні більш 15% - приймаємо  $1.15 A_n$  і

$$k_{осл} = 0,85.$$

2. За сортаментом нерівнополичних кутиків підбираємо переріз (+5 % 2 % від  $A$ ). Товщину фасонки приймаємо  $t_{\phi} = t_y + (3...4)$  мм, округляючи до типової товщини листа.

3. Розрахунок болтів.

Несуча здатність одного високоміцного, стійкого на зсув болта визначається за п. 3.7 і 11.13 ДБН В2.6 - 163:2010:

натяг болта

$$N_{bh} = 0,7 R_{вун} A_{bn}, \quad (33)$$

несуча здатність одного болта (за силою тертя)

$$N_b = N_{bh} \mu n_m \gamma_b / \gamma_h, \quad (34)$$

$$n_b = \frac{N(10)}{N_b} \quad (35)$$

У формулах (32) і (33), (34), (35) прийнято:

$R_{вин}$  – тимчасовий опір болта за табл. 61 ДБН В2.6 - 163:2010;  $N_{об}$  – попередній натяг болта;  $\mu$  - коефіцієнт тертя контактних поверхонь (табл. 15);  $n_m$  – кількість поверхонь тертя;  $A_{ен}$  – площа болта “нетто” по різьбі (см. табл. 6, додаток II);  $N$  - розрахункове зусилля, кН;  $\gamma_h$  – коефіцієнт надійності, що залежить від способу регулювання натягу болта і стану поверхонь (за табл. 15);  $\gamma_{\sigma}$  – коефіцієнт умов роботи з'єднання, прийнятий з урахуванням кількості болтів ( $n_B$ ):

$$\gamma_{\sigma} = 0.8 \text{ при } n_B < 5;$$

$$\gamma_{\sigma} = 0.9 \text{ при } 5 \leq n_B < 10;$$

$$\gamma_{\sigma} = 1.0 \text{ при } n_B \geq 10.$$

Таблиця 15

**Коефіцієнти тертя  $\mu$  і коефіцієнти безпеки  $\gamma_h$   
для  $d_0 - d_{\sigma} = 1...4$  мм при статичному навантаженні**

| Спосіб обробки                 | $\mu$ | Спосіб регулювання | $\gamma_h$ |
|--------------------------------|-------|--------------------|------------|
| а) піскострумна (дробострумна) | 0,58  | по $M$             | 1,12       |
|                                |       | по $\alpha$        | 1,02       |
| б) клейво-фрикційне з'єднання  | 0,50  | по $M$             | 1,12       |
|                                |       | по $\alpha$        | 1,02       |
| в) вогнева обробка             | 0,42  | по $M$             | 1,12       |
|                                |       | по $\alpha$        | 1,02       |
| г) сталевими щітками           | 0,35  | по $M$             | 1,17       |
|                                |       | по $\alpha$        | 1,06       |
| д) без очищення                | 0,25  | по $M$             | 1,30       |
|                                |       | по $\alpha$        | 1,20       |

### Приклад для студента з прізвищем СИДОРІВ

Вихідні дані:

за 1-ю буквою С – розрахункове зусилля  $N = 1000$  кН ;

за 2-ю буквою И – діаметр болта 22 мм, вогнева обробка (в);

за 3-ю буквою Д – сталь болта 30Х3МФ регулювання натягу по куту повороту гайки  $\alpha$  ;

за 4-ю буквою О – сталь куточків 09Г2гр.1.

### Програма рішення

1. За табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010 визначаємо для сталі 09Г2-6-1 фасонний прокат  $t$ : 20 мм, розрахунковий опір  $R_y = 315$  МПа за табл. 51\* ДБН В2.6 - 163:2010, тимчасовий опір болта зі сталі 30Х3МФ  $R_{вин} = 1350$  МПа (табл. 5 додаток II).

2. Необхідна площа перерізу одного кутика (вважаємо, що ослаблення більше 15 %)

$$A = \frac{N \cdot 10}{2R_y k_{осл}} = \frac{1000 \cdot 10}{2 \cdot 315 \cdot 0,85} = 18,7 \text{ см}^2.$$

За сортаментом нерівнополочних кутиків ДСТУ 8510-72 приймаємо

Г 140×90×8  $A_y = 18,0 \text{ см}^2$ , ослаблення

$$A_{осл} = 2d_0 t_y = 2 \cdot 2,4 \cdot 0,8 = 3,84 \text{ см}^2,$$

що складає  $\frac{3,84}{18} \cdot 100 \% = 21,3 > 15 \%$ ;

\* Для кутиків з полкою меншою 140 мм, болти розміщують в один ряд (див. табл. 4), тоді  $A_{осл} = d_0 t_y$

$$A_n = 1,15 A_y = 1,15(18 - 3,84) = 16,26 \text{ см}^2;$$

$$\sigma = \frac{N \cdot 10}{2 A_n} = \frac{1000 \cdot 10}{2 \cdot 16,26} = 307,5 \text{ МПа} < R_y = 325 \text{ МПа}.$$

Недонапруження  $\frac{325 - 307,5}{325} \cdot 100 = 5,38 \%$  допускаємо, оскільки найближчий менший розмір кутика має перенапруження.

3. Для знаходження несучої здатності одного болта визначаємо попередній натяг

$$N_{bh} = 0,7 R_{bun} A_{bn} \frac{1}{10} = 0,7 \cdot 1550 \cdot 3,03 \cdot \frac{1}{10} = 469,6 \text{ МПа},$$

де  $A_{bn} = 3,03 \text{ см}^2$  для  $d_g = 22 \text{ мм}$  (за табл. 6, додаток II або табл. 62 ДБН В2.6 - 163:2010).

Несуча здатність одного болта при  $\gamma_h = 1,02$  і  $\mu = 0,42$  (за табл.15) і кількості площін тертя  $n_m = 2$ .

$$N_b = \frac{\gamma_b}{\gamma_h} N_{bh} \cdot \mu \cdot n_m = \frac{0,8}{1,02} \cdot 469,6 \cdot 0,42 \cdot 2 = 309 \text{ кН}.$$

Розрахункова кількість болтів

$$n_b = \frac{N}{N_b} = \frac{1000}{309} = 3,24, \text{ приймаємо чотири болти.}$$

4. Викреслюємо ескіз (рис. 20).



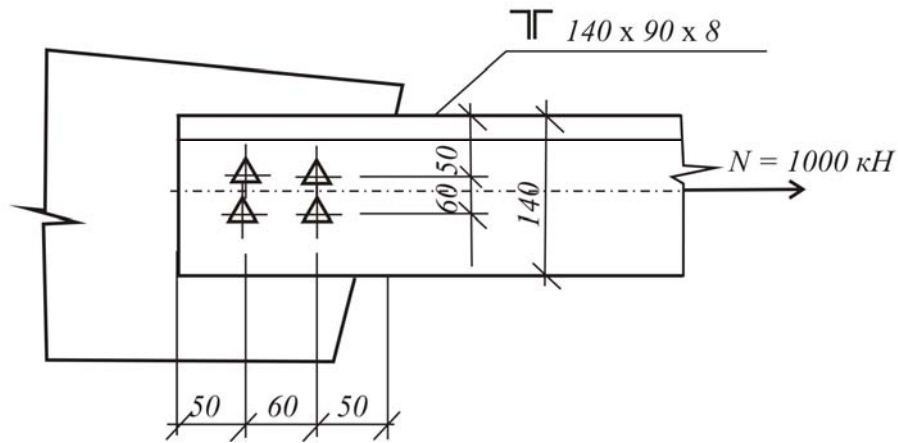


Рис. 20. Ескіз до рішення задачі №11

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Беленя Е.И. Металлические конструкции: Общий курс/ Е.И. Беленя – М.: Стройиздат, 1985. – 560с.
2. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М. Металеві конструкції/ Ф.Є.Клименко, В.М. Барабаш– Львів.: Світ, 1994.-280 с.
3. ДБН В2.6 - 163:2010 Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст] Затверджено наказом Мінрегіонбуду України від 01.12.2010 № 93/ Мінрегіонбуд України К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 212 с.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| Загальні вказівки.....  | 3  |
| I. Задачі з розрахунку елементів сталевих конструкцій.....            | 4  |
| Задача № 1.....   | 4  |
| Задача № 2.....   | 7  |
| Задача №3.....  | 10 |
| Задача №4.....  | 15 |
| Задача № 5.....   | 18 |
| II. Задачі з розрахунку з'єднань елементів сталевих конструкцій.....  | 22 |
| Задача №6.....  | 23 |
| Задача №7.....  | 27 |
| Задача №8.....  | 30 |
| Задача №9.....  | 32 |
| III. Розрахунок болтових з'єднань елементів сталевих конструкцій..... | 34 |
| Задача № 10.....  | 35 |
| Задача № 11.....  | 37 |
| Бібліографічний список.....   | 41 |
| Зміст.....  | 42 |
| Додаток I.....  | 43 |
| Додаток II.....   | 45 |
| Додаток III.....  | 48 |
| Додаток IV.....   | 61 |

## Механічні властивості сталей

Таблиця 1

Марки сталі, які змінюються сталями за ГОСТ 27772-88

(Таблиця 51 ДБН В2.6 - 163:2010 П-23-81\*)

| Клас сталі за<br>ГОСТ27772 | Замінна сталі   |                               |
|----------------------------|---|-------------------------------|
|                            | марки сталі, товщина прокату, мм  | ГОСТ або ТУ                   |
| C235                       | ВСтЗкп2<br>ВСтЗкп2-1  | ГОСТ 380-94<br>ТУ І4-І-3023   |
| C245                       | ВСтЗпс6 (листовий – до 20, фасонний – до 30)<br>ВСтЗпс6-1   | ГОСТ 380<br>ТУ І4-І-3023      |
| C255                       | ВСтЗсп5, ВСтЗГпсб,<br>ВСтЗпс6 (листовий – св. 20 до 40,<br>фасонний – більш 30)<br>ВСтЗсп5-1, ВСтЗГпс5-1  | ГОСТ 380<br><br>ТУ І4-І-3023  |
| C275                       | ВСтЗпс6-2   | ТУ І4-І-3023                  |
| C285                       | ВСтЗсп5-2, ВСтЗГпс5-2   | ТУ І4-І-3023                  |
| C345, C345Т                | 09Г2  | ГОСТ 19281<br>ГОСТ 19282      |
|                            | 09Г2С<br>15ХСНД (листовий до 10, фасонний до 20)<br>14Г2 (листовий, фасонний до 20)   | ГОСТ 19282                    |
|                            | 12Г2С гр.1  | ТУ І4-І-4323                  |
|                            | 09Г2 гр.1, 09Г2 гр.2, 09Г2С гр.1,<br>14Г2 гр.1 (фасонний – до 20)   | ТУ І4-І-3023                  |
| C375                       | 12Г2С гр.2  | ТУ І4-І-4323                  |
|                            | 09Г2С гр.2,<br>14Г2 гр.1 (фасонний – св.20),<br>14Г2 гр.2 (фасонний – до 20)  | ТУ І4-І-3023                  |
|                            | 14Г2 (листовий, фасонний – св.20)<br>10Г2С1, 15ХСНД (листовий – св.10,<br>фасонний – св.20),<br>10ХСНД (листовий – до 10,<br>фасонний – без обмежень) | ГОСТ 19281,<br><br>ГОСТ 19282 |

**Нормативні і розрахункові опори на розтяг, стиск і згин листового, широкоштабового універсального і фасонного прокату за ГОСТ 27772-88 для сталевих конструкцій будівель та споруд**

Таблиця 51\* ДБН В 2.6 - 163:2010

| Сталь | Товщина прокату мм | Розрахунковий опір, МПа, прокату          |       |           |       |
|-------|--------------------|---|-------|-----------|-------|
|       |                    | листового, широкоштабового універсального |       | Фасонного |       |
|       |                    | $R_y$                                     | $R_u$ | $R_y$     | $R_u$ |
| С235  | От 2 до 20         | 230                                       | 350   | 230       | 350   |
|       | Св. 20 до 40       | 220                                       | 350   | 220       | 350   |
|       | Св. 40 до 100      | 210                                       | 350   | -         | -     |
|       | Св. 100            | 190                                       | 350   | -         | -     |
| С245  | От 2 до 20         | 240                                       | 360   | 240       | 360   |
|       | Св. 20 до 30       | -   | -     | 230       | 360   |
| С255  | От 2 до 3,9        | 250                                       | 370   | -         | -     |
|       | От 4 до 10         | 240                                       | 370   | 250       | 370   |
|       | Св. 10 до 20       | 240                                       | 360   | 240       | 360   |
|       | Св. 20 до 40       | 230                                       | 360   | 230       | 360   |
| С275  | От 2 до 10         | 270                                       | 370   | 270       | 380   |
|       | Св. 10 до 20       | 260                                       | 360   | 270       | 370   |
| С285  | От 2 до 3,9        | 280                                       | 380   | -         | -     |
|       | От 4 до 10         | 270                                       | 380   | 280       | 390   |
|       | Св. 10 до 20       | 260                                       | 370   | 270       | 380   |
| С345  | От 2 до 10         | 335                                       | 480   | 335       | 480   |
|       | Св. 10 до 20       | 315                                       | 460   | 315       | 460   |
|       | Св. 20 до 40       | 300                                       | 450   | 300       | 450   |
|       | Св. 40 до 60       | 280                                       | 440   | -         | -     |
|       | Св. 60 до 80       | 270                                       | 430   | -         | -     |
|       | Св. 80 до 160      | 260                                       | 420   | -         | -     |
| С345К | От 4 до 10         | 335                                       | 460   | 335       | 460   |
| С375  | От 2 до 10         | 365                                       | 500   | 365       | 500   |
|       | Св. 10 до 20       | 345                                       | 480   | 345       | 480   |
|       | Св. 20 до 40       | 325                                       | 470   | 325       | 470   |

За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полки.

## Матеріали для з'єднань сталевих конструкцій

Таблиця 1

**Матеріали для зварювання, відповідні до міцності сталі елементів, нормативні опори метала шва, розрахункові опори металу кутових швів**

| Сталь   | Матеріали для зварювання                           |   |             |   |
|---|--|---|-------------|---|
|   | під флюсом   | в вуглекислому газі<br>(згідно з ГОСТ 8050-85)<br>або в його суміші з аргоном<br>(ГОСТ 10157-79*) |             | покритими<br>электро-<br>дами<br>ГОСТ<br>9467-75* |
|   |  | Марка   |             |   |
|   | флюсу<br>(по ГОСТ<br>9087-81*)                     | сварного дроту<br>(ГОСТ 2246-70*)   |             |   |
| C235, C245,<br>C255, C275, C285,<br>20, ВСт3кп, ВСт3пс,<br>ВСт3сп             | АН-348-А,<br>АН-60                                 | СВ-08А,<br>СВ-08ГА  | СВ-08Г2С    |   |
| C345, C345Т, C375,<br>C375Т, C390,<br>C390Т, C390К,<br>C440, 16Г2АФ,<br>09Г2С | АН-47, АН-43,<br>АН-17-М,<br>АН-348-А <sup>1</sup> | СВ-10НМА,<br>СВ-10Г2,<br>СВ-08ГА,<br>СВ-10ГА  |             | Э50   |
| C345К   | АН-348-А   | СВ-08Х1ДЮ   | СВ-08ХГ2СДЮ | Э50А  |
| C235, C245, C255,<br>C275, C285,<br>ВСт3кп, ВСт3пс,<br>ВСт3сп                 | АН-348-А   | СВ-08А,<br>СВ-08ГА  | СВ-08Г2С    | Э42А,<br>Э46А                                     |
| C345, C345Т, C375,<br>C375Т, 09Г2С  | АН-47,<br>АН-43,<br>АН-348-А                       | СВ-10НМА,<br>СВ-10Г2,<br>СВ-08ГА,<br>СВ-10ГА  |             | Э50А  |

**Нормативні та розрахункові опори металу швів  
зварних з'єднань з кутовими швами**

| Зварювальні матеріали           |  | $R_{wun}$ , МПа | $R_{wf}$ , МПа |
|---------------------------------|--|-----------------|----------------|
| Тип електрода<br>(ГОСТ 9467-75) | марка дроту                                  |                 |                |
| Э42, Э42А                       | СВ-08, СВ-08А                                | 410             | 180            |
| Э46, Э46А                       | СВ-08ГА                                      | 450             | 200            |
| Э50, Э50А                       | СВ-10ГА, СВ-08Г2С, СВ-08Г2СЦ, ПП-АН8, ПП-АН3 | 490             | 215            |

Таблиця 3

**Розрахункові опори зрізу та розтягу болтів, МПа**

| Напружений стан | Умовне позначення | Розрахунковий опір, МПа болтів класу |     |     |     |     |     |      |
|-----------------|-------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                 |                   | 4.6                                  | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.6 | 8.8 | 10.9 |
| Зріз            | $R_{bs}$          | 150                                  | 160 | 190 | 200 | 230 | 320 | 400  |
| Розтяг          | $R_{bt}$          | 170                                  | 160 | 210 | 200 | 250 | 400 | 500  |

Таблиця 4

**Розрахункові опори змінанню елементів, що з'єднуються болтами  $R_{bp}$**

| Тимчасовий опір сталі з'єднаних елементів, МПа (кгс/кв.мм) | Розрахункові опори, МПа, змінанню елементів, що з'єднані болтами |  |
|--|--|--|
|  | клас точності А  | класи точності В та С, високоміцних без регулювання натягу |
| 360  | 475  | 430  |
| 365  | 485  | 440  |
| 370  | 495  | 450  |
| 380  | 515  | 465  |
| 390  | 535  | 485  |
| 400  | 560  | 505  |
| 430  | 625  | 565  |
| 440  | 650  | 585  |
| 450  | 675  | 605  |
| 460  | 695  | 625  |
| 470  | 720  | 645  |
| 480  | 745  | 670  |
| 490  | 770  | 690  |
| 500  | 795  | 710  |
| 510  | 825  | 735  |
| 520  | 850  | 760  |
| 530  | 875  | 780  |
| 540  | 905  | 805  |
| 570  | 990  | 880  |
| 590  | 1045   | 930  |

Таблиця 5

**Механічні властивості високоміцних болтів за ГОСТ 22356-77\***

| Номінальний діаметр різьби $d$ , мм | Марка сталі ГОСТ 4543-71* | Найменший тимчасовий опір МПа |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| От 16 до 27                         | 40Х "селект"              | 1100                          |
|                                     | 30Х3МФ, 30Х2НМФА          | 1350                          |
| 30                                  | 40Х "селект"              | 950                           |
|                                     | 30Х3МФ, 35Х2АФ            | 1200                          |
| 36                                  | 40Х "селект"              | 750                           |
|                                     | 30Х3МФ                    | 1100                          |
| 42                                  | 40Х "селект"              | 650                           |
|                                     | 30Х3МФ                    | 1000                          |
| 48                                  | 40Х "селект"              | 600                           |
|                                     | 30Х3МФ                    | 900                           |

Таблиця 6

**Площі перерізу болтів, см<sup>2</sup>, за ГОСТ 1759.4**

| $d$ , мм | 16   | (18) | 20   | (22) | 24   | (27) | 30   | 36    | 42    | 48    |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| $A_b$    | 2,01 | 2,54 | 3,14 | 3,80 | 4,52 | 5,72 | 7,06 | 10,17 | 13,85 | 18,09 |
| $A_{bn}$ | 1,57 | 1,92 | 2,45 | 3,03 | 3,53 | 4,59 | 5,61 | 8,16  | 11,20 | 14,72 |

## Сортамент сталевих прокатних профілів

Таблиця 1

## Сортамент листового прокату

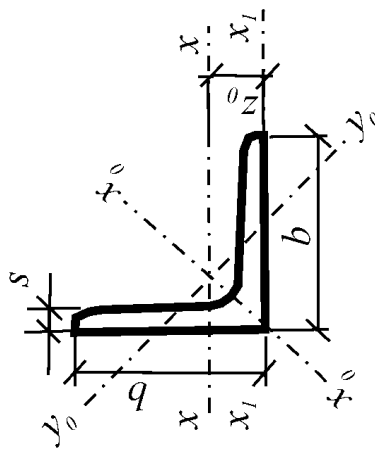
| Вид прокату                          | Штабова сталь<br>ГОСТ 103-76 |     |     |     | Універсальна<br>широкоштабова сталь за<br>ГОСТ 82-70* |      |      |     | Сталь гарячекатана<br>за ГОСТ 10903 -74* |      |    |    |
|--------------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|---|------|------|-----|--|------|----|----|
| Ширина<br>деталі, мм                 | b ≤ 200 мм                   |     |     |     | 200мм < b ≤ 1050мм                                    |      |      |     | b ≥ 1050мм                               |      |    |    |
| Рекомендована стандартна ширина      | 30                           | 38  | 40  | 45  | 220   | 250  | 280  | 300 | 1250                                     | 1400 |    |    |
|                                      | 50                           | 56  | 60  | 65  | 320   | 340  | 360  | 380 | 1500                                     | 1600 |    |    |
|                                      | 70                           | 75  | 80  | 85  | 400   | 420  | 450  | 480 | 1700                                     | 1800 |    |    |
|                                      | 90                           | 95  | 100 | 105 | 500   | 530  | 560  | 600 | 1900                                     | 2000 |    |    |
|                                      | 110                          | 120 | 125 | 130 | 630   | 650  | 670  | 710 | 2100                                     | 2200 |    |    |
|                                      | 140                          | 150 | 160 | 170 | 750   | 800  | 850  | 900 | 2300                                     | 2400 |    |    |
|                                      | 180                          | 190 | 200 |     | 950   | 1000 | 1050 |     | 2500                                     |      |    |    |
| Рекомендована стандартна товщина, мм |                              |     |     |     | 4   | 5    | 6    | 7   | 8  | 9    | 10 | 11 |
|                                      |                              |     |     |     | 12  | 14   | 16   | 18  | 20                                       | 22   | 25 | 28 |
|                                      |                              |     |     |     | 30  | 32   | 36   | 40  | 45                                       | 50   | 55 | 60 |



Таблиця 2

## ДСТУ 2251-93 (ГОСТ 8509-93) Кутники сталеві гарячекатані рівнополічні.

## Сортамент



| Но-<br>мер<br>ку-<br>тика | мм       |          |          | Площа<br>попереч-<br>ного пе-<br>рерізу,<br>см <sup>2</sup> | Довідникові величини для осей |                                  |                                  |                                 |                                       |                                 |                                       |                                   | Маса<br>1 м ку-<br>тика,<br>кг |                     |                                   |
|---------------------------|----------|----------|----------|---|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
|                           | b        | t        | R        |   | r                             | x - x                            |                                  | x <sub>0</sub> - x <sub>0</sub> |                                       | y <sub>0</sub> - y <sub>0</sub> |                                       | I <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup> |                                | Z <sub>0</sub> , см |                                   |
|                           |          |          |          |   |                               | J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup> | i <sub>x</sub> , см             | J <sub>x0 max</sub> , см <sup>4</sup> | i <sub>x0 max</sub> , см        | I <sub>y0 min</sub> , см <sup>4</sup> |                                   |                                |                     | W <sub>y0</sub> , см <sup>3</sup> |
| <b>1</b>                  | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b>  | <b>7</b>                      | <b>8</b>                         | <b>9</b>                         | <b>10</b>                       | <b>11</b>                             | <b>12</b>                       | <b>13</b>                             | <b>14</b>                         | <b>15</b>                      | <b>16</b>           | <b>17</b>                         |
| 5,6                       | 56       | 4        | 6        | 2,0   | 13,10                         | 3,21                             | 1,73                             | 20,79                           | 2,18                                  | 5,41                            | 2,52                                  | 1,11                              | 7,69                           | 1,52                | 3,44                              |
|                           |          | 5        |          |   | 15,97                         | 3,96                             | 1,72                             | 25,36                           | 2,16                                  | 6,59                            | 2,97                                  | 1,10                              | 9,41                           | 1,57                | 4,25                              |
| 6*                        | 60       | 4        | 7        | 2,3   | 16,21                         | 3,70                             | 1,85                             | 25,69                           | 2,33                                  | 6,72                            | 2,93                                  | 1,19                              | 9,48                           | 1,62                | 3,71                              |
|                           |          | 5        |          |   | 19,79                         | 4,56                             | 1,84                             | 31,40                           | 2,32                                  | 8,18                            | 3,49                                  | 1,18                              | 11,61                          | 1,66                | 4,58                              |
|                           |          | 6        |          |   | 23,21                         | 5,40                             | 1,83                             | 36,81                           | 2,31                                  | 9,60                            | 3,99                                  | 1,18                              | 13,60                          | 1,70                | 5,43                              |
|                           |          | 8        |          |   | 29,55                         | 7,00                             | 1,81                             | 46,77                           | 2,27                                  | 12,34                           | 4,90                                  | 1,17                              | 17,22                          | 1,78                | 7,10                              |
|                           |          | 10       |          |   | 35,32                         | 8,52                             | 1,79                             | 55,64                           | 2,24                                  | 15,00                           | 5,70                                  | 1,16                              | 20,32                          | 1,85                | 8,70                              |
| 6,3                       | 63       | 4        | 7        | 2,3   | 18,86                         | 4,09                             | 1,95                             | 29,90                           | 2,45                                  | 7,81                            | 3,26                                  | 1,25                              | 11,00                          | 1,69                | 3,90                              |
|                           |          | 5        |          |   | 23,10                         | 5,05                             | 1,94                             | 36,80                           | 2,44                                  | 9,52                            | 3,87                                  | 1,25                              | 13,70                          | 1,74                | 4,81                              |
|                           |          | 6        |          |   | 27,06                         | 5,98                             | 1,93                             | 42,91                           | 2,43                                  | 11,18                           | 4,44                                  | 1,24                              | 15,90                          | 1,78                | 5,72                              |
| 6,5                       | 65       | 6        |          |   | 29,85                         | 6,39                             | 1,99                             | 47,38                           | 2,51                                  | 12,32                           | 4,77                                  | 1,28                              | 17,53                          | 1,83                | 5,91                              |
|                           |          | 7        |          |   | 38,13                         | 8,30                             | 1,97                             | 60,42                           | 1,27                                  | 15,85                           | 13,15                                 | 2,48                              | 22,29                          | 1,90                | 7,73                              |

Продовження табл. 2

|     |     |       |       |       |        |        |       |        |        |       |       |       |        |        |       |       |       |      |       |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1   | 2   | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8     | 9      | 10     | 11    | 12    | 13    | 14     | 15     | 16    | 17    |       |      |       |
| 7   | 70  | 4,5   | 8     | 2,7   | 6,20   | 29,04  | 5,67  | 2,16   | 46,03  | 2,72  | 12,04 | 4,53  | 1,39   | 17,00  | 1,88  | 4,87  |       |      |       |
|     |     | 5     |       |       | 6,86   | 31,94  | 6,27  | 2,16   | 50,67  | 2,72  | 13,22 | 4,92  | 1,39   | 18,70  | 1,90  | 5,38  |       |      |       |
|     |     | 6     |       |       | 8,15   | 37,58  | 7,43  | 2,15   | 59,64  | 2,71  | 15,52 | 5,66  | 1,38   | 15,52  | 5,66  | 1,38  | 22,10 | 1,94 | 6,39  |
|     |     | 7     |       |       | 9,42   | 42,98  | 8,57  | 2,14   | 68,19  | 2,69  | 17,77 | 6,31  | 1,37   | 17,77  | 6,31  | 1,37  | 25,20 | 1,99 | 7,39  |
|     |     | 8     |       |       | 10,67  | 48,16  | 9,68  | 2,12   | 76,35  | 2,68  | 19,97 | 6,99  | 1,37   | 19,97  | 6,99  | 1,37  | 28,20 | 2,02 | 8,37  |
|     |     | 10*   |       |       | 13,11  | 57,90  | 11,82 | 2,10   | 91,52  | 2,64  | 24,27 | 8,17  | 1,36   | 24,27  | 8,17  | 1,36  | 33,60 | 2,10 | 10,29 |
|     | 7,5 | 75    | 5     | 9     | 3,0    | 7,39   | 39,53 | 7,21   | 2,31   | 62,65 | 2,91  | 16,41 | 5,74   | 1,49   | 23,10 | 2,02  | 5,80  |      |       |
|     |     |       | 6     |       |        | 8,78   | 46,57 | 8,57   | 2,30   | 73,87 | 2,90  | 19,28 | 6,62   | 1,48   | 19,28 | 6,62  | 2,06  | 6,89 |       |
|     |     |       | 7     |       |        | 10,15  | 53,34 | 9,89   | 2,29   | 84,61 | 2,89  | 22,07 | 7,43   | 1,47   | 22,07 | 7,43  | 2,10  | 7,96 |       |
|     |     |       | 8     |       |        | 11,50  | 59,84 | 11,18  | 2,28   | 94,89 | 2,87  | 24,80 | 8,16   | 1,47   | 24,80 | 8,16  | 2,15  | 9,02 |       |
| 9   |     |       | 12,83 |       |        | 66,10  | 12,43 | 2,27   | 104,72 | 2,86  | 27,48 | 8,91  | 1,46   | 27,48  | 8,91  | 2,18  | 10,07 |      |       |
| 5,5 |     |       | 8,63  |       |        | 52,68  | 9,03  | 2,47   | 83,56  | 3,11  | 21,80 | 7,10  | 1,59   | 21,80  | 7,10  | 2,17  | 6,78  |      |       |
| 6   |     |       | 9,38  |       |        | 56,97  | 9,80  | 2,47   | 90,40  | 3,11  | 23,54 | 7,60  | 1,58   | 23,54  | 7,60  | 2,19  | 7,36  |      |       |
| 7   |     |       | 10,85 |       |        | 65,31  | 11,32 | 2,45   | 103,60 | 3,09  | 26,97 | 8,55  | 1,58   | 26,97  | 8,55  | 2,23  | 8,51  |      |       |
| 8   |     |       | 12,30 |       |        | 73,36  | 12,80 | 2,44   | 116,39 | 3,08  | 30,32 | 9,44  | 1,57   | 30,32  | 9,44  | 2,27  | 9,65  |      |       |
| 10* |     | 15,14 | 83,58 | 15,67 | 2,42   | 140,31 | 3,04  | 36,85  | 11,09  | 1,56  | 36,85 | 11,09 | 2,35   | 11,88  |       |       |       |      |       |
| 9   | 90  | 12*   |       |       | 17,90  | 102,74 | 18,42 | 2,40   | 162,27 | 3,01  | 43,21 | 12,62 | 1,55   | 59,60  | 2,42  | 14,05 |       |      |       |
|     |     | 6     | 10    | 3,3   | 10,61  | 82,30  | 12,49 | 2,78   | 130,00 | 3,50  | 33,97 | 9,88  | 1,79   | 48,10  | 2,43  | 8,33  |       |      |       |
|     |     | 7     |       |       | 12,28  | 94,30  | 14,45 | 2,77   | 149,67 | 3,49  | 38,94 | 11,15 | 1,78   | 55,40  | 2,47  | 9,64  |       |      |       |
|     |     | 8     |       |       | 13,93  | 106,11 | 16,36 | 2,76   | 168,42 | 3,48  | 43,80 | 12,34 | 1,77   | 62,30  | 2,51  | 10,93 |       |      |       |
|     |     | 9     |       |       | 15,60  | 118,00 | 18,29 | 2,75   | 186,00 | 3,46  | 48,60 | 13,48 | 1,77   | 68,00  | 2,55  | 12,20 |       |      |       |
|     |     | 10*   |       |       | 17,17  | 128,60 | 20,07 | 2,74   | 203,93 | 3,45  | 53,27 | 14,54 | 1,76   | 75,30  | 2,59  | 13,48 |       |      |       |
|     |     | 6,5   |       |       | 12,82  | 122,10 | 16,69 | 3,09   | 193,46 | 3,89  | 50,73 | 13,38 | 1,99   | 71,40  | 2,68  | 10,06 |       |      |       |
|     |     | 7     |       |       | 13,75  | 130,59 | 17,90 | 3,09   | 207,01 | 3,88  | 54,16 | 14,13 | 1,98   | 76,40  | 2,71  | 10,79 |       |      |       |
|     |     | 8     |       |       | 15,60  | 147,19 | 20,30 | 3,07   | 233,46 | 3,87  | 60,92 | 15,66 | 1,98   | 86,30  | 2,75  | 12,25 |       |      |       |
|     |     | 10    |       |       | 19,24  | 178,95 | 24,97 | 3,05   | 283,83 | 3,84  | 74,08 | 18,51 | 1,96   | 110,00 | 2,83  | 15,10 |       |      |       |
| 12  |     | 22,80 |       |       | 208,90 | 29,47  | 3,03  | 330,95 | 3,81   | 86,84 | 21,10 | 1,95  | 122,00 | 2,91   | 17,90 |       |       |      |       |

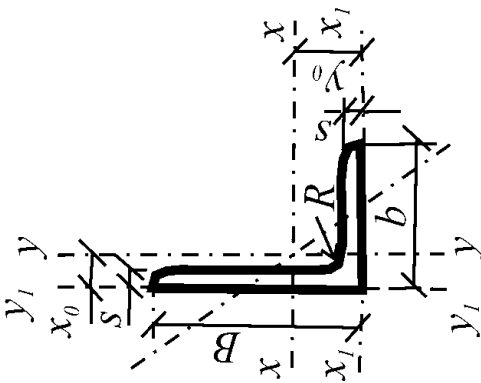
Продовження табл. 2

| 1    | 2   | 3   | 4  | 5   | 6     | 7       | 8      | 9    | 10      | 11   | 12     | 13    | 14   | 15     | 16   | 17    |
|------|-----|-----|----|-----|-------|---------|--------|------|---------|------|--------|-------|------|--------|------|-------|
|      |     | 14  |    |     | 26,28 | 237,15  | 33,83  | 3,00 | 374,98  | 3,78 | 99,32  | 23,49 | 1,94 | 138,00 | 2,99 | 20,63 |
|      |     | 15* |    |     | 27,99 | 250,68  | 35,95  | 2,99 | 395,87  | 3,76 | 105,48 | 24,62 | 1,94 | 145,00 | 3,03 | 21,97 |
|      |     | 16  |    |     | 29,68 | 263,82  | 38,04  | 2,98 | 416,04  | 3,74 | 111,61 | 25,79 | 1,94 | 152,00 | 3,06 | 23,30 |
| 11   | 110 | 7   |    |     | 15,15 | 175,61  | 21,83  | 3,40 | 278,54  | 4,29 | 72,68  | 17,36 | 2,19 | 106,00 | 2,96 | 11,89 |
|      |     | 8   |    |     | 17,20 | 198,17  | 24,77  | 3,39 | 314,51  | 4,28 | 81,83  | 19,29 | 2,18 | 116,00 | 3,00 | 13,50 |
| 12*  | 120 | 8   |    |     | 18,80 | 259,75  | 29,68  | 3,72 | 412,45  | 4,68 | 107,04 | 23,29 | 2,39 | 153,00 | 3,25 | 14,76 |
|      |     | 10  |    |     | 23,24 | 317,16  | 36,59  | 3,69 | 503,79  | 4,66 | 130,54 | 27,72 | 2,37 | 187,00 | 3,33 | 18,24 |
|      |     | 12  |    |     | 27,60 | 371,80  | 43,30  | 3,67 | 590,28  | 4,62 | 155,33 | 31,79 | 2,36 | 218,00 | 3,41 | 21,67 |
|      |     | 15  |    |     | 33,99 | 448,90  | 52,96  | 3,63 | 711,32  | 4,57 | 186,48 | 37,35 | 2,34 | 262,00 | 3,53 | 26,68 |
| 12,5 | 125 | 8   | 14 | 4,6 | 19,69 | 291,36  | 32,20  | 3,87 | 466,76  | 4,87 | 121,98 | 25,67 | 2,49 | 172,00 | 3,36 | 15,46 |
|      |     | 9   |    |     | 22,00 | 327,48  | 36,00  | 3,86 | 520,00  | 4,86 | 135,88 | 28,26 | 2,48 | 192,00 | 3,40 | 17,30 |
|      |     | 10  |    |     | 24,33 | 359,82  | 39,74  | 3,85 | 571,04  | 4,84 | 148,59 | 30,45 | 2,47 | 211,00 | 3,46 | 19,10 |
|      |     | 12  |    |     | 28,89 | 422,23  | 47,06  | 3,82 | 670,02  | 4,82 | 174,43 | 34,94 | 2,46 | 248,00 | 3,53 | 22,68 |
|      |     | 14  |    |     | 33,37 | 481,76  | 54,17  | 3,80 | 763,90  | 4,78 | 199,62 | 39,10 | 2,45 | 282,00 | 3,61 | 26,20 |
|      |     | 16  |    |     | 37,77 | 538,56  | 61,09  | 3,78 | 852,84  | 4,75 | 224,29 | 43,10 | 2,44 | 315,00 | 3,68 | 29,65 |
| 14   | 140 | 9   | 14 | 4,6 | 24,72 | 465,72  | 45,55  | 4,34 | 739,42  | 5,47 | 192,03 | 35,92 | 2,79 | 274,00 | 3,78 | 19,41 |
|      |     | 10  |    |     | 27,33 | 512,29  | 50,32  | 4,33 | 813,62  | 5,46 | 210,96 | 39,05 | 2,78 | 301,00 | 3,82 | 21,45 |
|      |     | 12  |    |     | 32,49 | 602,49  | 59,66  | 4,31 | 956,98  | 5,43 | 248,01 | 44,97 | 2,76 | 354,00 | 3,90 | 25,50 |
| 15*  | 150 | 10  | 14 | 4,6 | 29,33 | 634,76  | 58,07  | 4,65 | 1008,56 | 5,86 | 260,97 | 45,34 | 2,98 | 374,00 | 4,07 | 23,02 |
|      |     | 12  |    |     | 34,89 | 747,48  | 68,90  | 4,63 | 1187,86 | 5,83 | 307,09 | 52,32 | 2,97 | 440,00 | 4,15 | 27,39 |
|      |     | 15  |    |     | 43,08 | 908,38  | 84,66  | 4,59 | 1442,60 | 5,79 | 347,17 | 61,96 | 2,95 | 534,00 | 4,27 | 33,82 |
|      |     | 18  |    |     | 51,09 | 1060,08 | 99,86  | 4,56 | 1680,92 | 5,74 | 439,24 | 70,91 | 2,93 | 621,00 | 4,38 | 40,11 |
| 16   | 160 | 10  | 16 | 5,3 | 31,43 | 774,24  | 66,19  | 4,96 | 1229,10 | 6,25 | 319,38 | 52,52 | 3,19 | 455,00 | 4,30 | 24,67 |
|      |     | 11  |    |     | 34,42 | 844,21  | 72,44  | 4,95 | 1340,06 | 6,24 | 347,77 | 56,53 | 3,18 | 496,00 | 4,35 | 27,02 |
|      |     | 12  |    |     | 37,39 | 912,89  | 78,62  | 4,94 | 1450,00 | 6,23 | 375,78 | 60,53 | 3,17 | 537,00 | 4,39 | 28,35 |
|      |     | 14  |    |     | 43,57 | 1046,47 | 90,77  | 4,92 | 1662,13 | 6,20 | 430,81 | 68,15 | 3,16 | 615,00 | 4,47 | 33,97 |
|      |     | 16  |    |     | 49,07 | 1175,19 | 102,64 | 4,89 | 1865,73 | 6,17 | 484,64 | 75,92 | 3,14 | 690,00 | 4,55 | 38,52 |

Закінчення табл. 2

| 1  | 2   | 3   | 4  | 5   | 6      | 7       | 8      | 9    | 10       | 11   | 12      | 13     | 14   | 15      | 16   | 17     |
|----|-----|-----|----|-----|--------|---------|--------|------|----------|------|---------|--------|------|---------|------|--------|
|    |     | 18  |    |     | 54,79  | 1290,24 | 114,24 | 4,87 | 2061,03  | 6,13 | 537,46  | 82,08  | 3,13 | 771,00  | 4,63 | 43,01  |
|    |     | 20  |    |     | 60,40  | 1418,85 | 125,60 | 4,85 | 2248,26  | 6,10 | 589,43  | 90,02  | 3,12 | 830,00  | 4,70 | 47,44  |
| 18 | 180 | 11  |    |     | 38,80  | 1216,44 | 92,47  | 5,60 | 1933,10  | 7,06 | 499,78  | 72,86  | 3,59 | 716,00  | 4,85 | 30,47  |
|    |     | 12  |    |     | 42,19  | 1316,62 | 100,41 | 5,59 | 2092,78  | 7,04 | 540,45  | 78,15  | 3,58 | 776,00  | 4,89 | 33,12  |
|    |     | 15* |    |     | 52,18  | 1607,36 | 123,74 | 5,55 | 2554,99  | 7,00 | 659,73  | 93,11  | 3,56 | 948,00  | 5,01 | 40,96  |
|    |     | 18* |    |     | 61,99  | 1884,07 | 146,36 | 5,51 | 2992,69  | 6,95 | 775,44  | 106,88 | 3,54 | 1108,00 | 5,13 | 48,66  |
|    |     | 20* |    |     | 68,43  | 2061,11 | 161,07 | 5,49 | 3271,31  | 6,91 | 850,92  | 115,71 | 3,53 | 1210,00 | 5,20 | 53,72  |
| 20 | 200 | 12  | 18 | 6,0 | 47,10  | 1822,78 | 124,61 | 6,22 | 2896,16  | 7,84 | 749,40  | 98,68  | 3,99 | 1073,00 | 5,37 | 36,97  |
|    |     | 13  |    |     | 50,85  | 1960,77 | 134,44 | 6,21 | 3116,18  | 7,83 | 805,35  | 105,07 | 3,98 | 1156,00 | 5,42 | 39,92  |
|    |     | 14  |    |     | 54,60  | 2097,00 | 144,17 | 6,20 | 3333,00  | 7,81 | 861,00  | 111,50 | 3,97 | 1236,00 | 5,46 | 42,80  |
|    |     | 16  |    |     | 61,98  | 2362,57 | 163,37 | 6,17 | 3755,39  | 7,78 | 969,74  | 123,77 | 3,96 | 1393,00 | 5,54 | 48,65  |
|    |     | 18* |    |     | 69,30  | 2620,64 | 182,22 | 6,15 | 4164,54  | 7,75 | 1076,74 | 135,48 | 3,94 | 1544,00 | 5,62 | 54,40  |
|    |     | 20  |    |     | 76,54  | 2871,47 | 200,73 | 6,12 | 4560,42  | 7,72 | 1181,92 | 146,62 | 3,93 | 1689,00 | 5,70 | 60,08  |
|    |     | 24* |    |     | 90,78  | 3350,66 | 236,77 | 6,08 | 5313,50  | 7,65 | 1387,73 | 167,74 | 3,91 | 1963,00 | 5,85 | 71,26  |
|    |     | 25  |    |     | 94,29  | 3466,21 | 245,59 | 6,06 | 5494,04  | 7,63 | 1438,38 | 172,68 | 3,91 | 2028,00 | 5,89 | 74,02  |
|    |     | 30  |    |     | 111,54 | 4019,60 | 288,57 | 6,00 | 6351,05  | 7,55 | 1698,16 | 193,06 | 3,89 | 2332,00 | 6,07 | 87,56  |
| 22 | 220 | 14  | 21 | 7,0 | 60,38  | 2814,36 | 175,18 | 6,83 | 4470,15  | 8,60 | 1158,56 | 138,62 | 4,38 | 1655,00 | 5,91 | 47,40  |
|    |     | 16  |    |     | 68,58  | 3175,44 | 198,71 | 6,80 | 5045,37  | 8,58 | 1305,52 | 153,34 | 4,36 | 1869,00 | 6,02 | 53,83  |
| 25 | 250 | 16  | 24 | 8,0 | 78,40  | 4717,10 | 258,43 | 7,76 | 7492,10  | 9,78 | 1942,09 | 203,45 | 4,98 | 2775,00 | 6,75 | 61,55  |
|    |     | 18  |    |     | 87,72  | 5217,24 | 288,82 | 7,73 | 8336,69  | 9,75 | 2157,78 | 223,39 | 4,96 | 3089,00 | 6,83 | 68,86  |
|    |     | 20  |    |     | 96,96  | 5764,87 | 318,76 | 7,71 | 9159,73  | 9,72 | 2370,01 | 242,52 | 4,94 | 3395,00 | 6,91 | 76,11  |
|    |     | 22  |    |     | 106,12 | 6270,32 | 348,26 | 7,69 | 9961,60  | 9,69 | 2579,04 | 260,52 | 4,93 | 3691,00 | 7,00 | 83,31  |
|    |     | 25  |    |     | 119,71 | 7006,39 | 391,72 | 7,60 | 11125,52 | 9,64 | 2887,26 | 287,14 | 4,91 | 4119,00 | 7,11 | 93,97  |
|    |     | 28  |    |     | 133,12 | 7716,86 | 434,25 | 7,61 | 12243,84 | 9,59 | 3189,89 | 311,98 | 4,90 | 4527,00 | 7,23 | 104,50 |
|    |     | 30  |    |     | 141,96 | 8176,52 | 462,11 | 7,59 | 12964,66 | 9,56 | 3388,98 | 327,82 | 4,89 | 4788,00 | 7,31 | 111,44 |
|    |     | 35  |    |     | 163,71 | 9281,05 | 530,11 | 7,53 | 830,58   | 9,47 | 3879,37 | 366,13 | 4,87 | 5401,68 | 7,49 | 128,51 |

ГОСТ 8510-86 Кутики сталеві гарячекатані нерівнополічні. Соргамент



| Номер кутики | B  | b  | t | R   | r   | Площа поперечного перерізу, см <sup>2</sup> | Довідникові величини для осей    |                                  |                     |                                  |                                  |                     |                                      |                                  | Х <sub>0</sub> , см | У <sub>0</sub> , см | І <sub>ху</sub> , см <sup>4</sup> | Маса 1 м кутика, кг |                         |                                  |                                  |                     |
|--------------|----|----|---|-----|-----|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|              |    |    |   |     |     |   | x - x                            |                                  |                     |                                  | y - y                            |                     |                                      |                                  |                     |                     |                                   |                     | u - u                   |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     |   | І <sub>x</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup> | і <sub>x</sub> , см | І <sub>y</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup> | і <sub>y</sub> , см | І <sub>u min</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>u</sub> , см <sup>3</sup> |                     |                     |                                   |                     | і <sub>u min</sub> , см | І <sub>x</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup> | і <sub>x</sub> , см |
| 1            | 2  | 3  | 4 | 5   | 6   | 7   | 8                                | 9                                | 10                  | 11                               | 12                               | 13                  | 14                                   | 15                               | 16                  | 17                  | 18                                | 19                  | 20                      |                                  |                                  |                     |
| 6,3/4,0      | 63 | 40 | 4 | 7   | 2,3 | 4,04  | 16,33                            | 3,83                             | 2,01                | 5,16                             | 1,67                             | 1,13                | 3,07                                 | 1,41                             | 0,87                | 0,91                | 2,03                              | 5,25                | 3,17                    |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     | 4,98  | 19,91                            | 4,72                             | 2,00                | 6,26                             | 2,05                             | 1,12                | 3,73                                 | 1,72                             | 0,86                | 0,95                | 2,08                              | 6,41                | 3,91                    |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     | 5,90  | 23,31                            | 5,58                             | 1,99                | 7,29                             | 2,42                             | 1,11                | 4,36                                 | 2,02                             | 0,86                | 0,99                | 2,12                              | 7,44                | 4,63                    |                                  |                                  |                     |
| 6,5/5*       | 65 | 50 | 5 | 6   | 2,0 | 7,68  | 29,60                            | 7,22                             | 1,96                | 9,15                             | 3,12                             | 1,09                | 5,58                                 | 2,60                             | 0,85                | 1,07                | 2,20                              | 9,27                | 6,03                    |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     | 5,56  | 23,41                            | 5,20                             | 2,05                | 12,08                            | 3,23                             | 1,47                | 6,41                                 | 2,68                             | 1,07                | 1,26                | 2,00                              | 9,77                | 4,36                    |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     | 6,60  | 27,46                            | 6,16                             | 2,04                | 14,12                            | 3,82                             | 1,46                | 7,52                                 | 3,15                             | 1,07                | 1,30                | 2,04                              | 11,46               | 5,18                    |                                  |                                  |                     |
| 7/4,5        | 70 | 45 | 5 | 7,5 | 2,5 | 8,62  | 35,00                            | 7,99                             | 2,02                | 18,88                            | 4,93                             | 1,44                | 9,65                                 | 4,02                             | 1,06                | 1,37                | 2,12                              | 13,61               | 6,77                    |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     | 5,59  | 27,76                            | 5,88                             | 2,23                | 9,05                             | 2,62                             | 1,27                | 5,34                                 | 2,20                             | 0,98                | 1,05                | 2,28                              | 9,12                | 4,39                    |                                  |                                  |                     |
|              |    |    |   |     |     |   |                                  |                                  |                     |                                  |                                  |                     |                                      |                                  |                     |                     |                                   |                     |                         |                                  |                                  |                     |

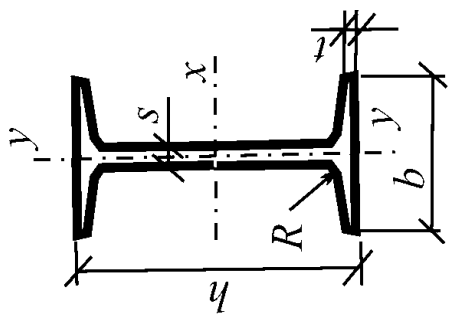
Продовження табл. 3

|         |     |    |     |     |     |       |        |       |      |       |       |      |       |      |      |      |      |       |       |
|---------|-----|----|-----|-----|-----|-------|--------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1       | 2   | 3  | 4   | 5   | 6   | 7     | 8      | 9     | 10   | 11    | 12    | 13   | 14    | 15   | 16   | 17   | 18   | 19    | 20    |
| 7,5/5   | 75  | 50 | 5   | 8,0 | 2,7 | 6,11  | 34,81  | 6,81  | 2,39 | 12,47 | 3,25  | 1,43 | 7,24  | 2,73 | 1,09 | 1,17 | 2,39 | 12,00 | 4,79  |
|         |     |    | 6   |     |     | 7,25  | 40,92  | 8,08  | 2,38 | 14,60 | 3,85  | 1,42 | 8,48  | 3,21 | 1,08 | 1,21 | 2,44 | 14,1  | 5,69  |
|         |     |    | 7*  |     |     | 8,37  | 46,77  | 9,31  | 2,36 | 16,61 | 4,43  | 1,41 | 9,69  | 3,69 | 1,08 | 1,29 | 2,48 | 16,18 | 6,57  |
|         |     |    | 8   |     |     | 9,47  | 52,38  | 10,52 | 2,35 | 18,52 | 4,88  | 1,40 | 10,87 | 1,14 | 1,07 | 1,29 | 2,52 | 7,80  | 7,43  |
| 8/5,0   | 80  | 50 | 5   | 8,0 | 2,7 | 6,36  | 41,64  | 7,71  | 2,56 | 12,68 | 3,28  | 1,41 | 7,57  | 2,75 | 1,00 | 1,13 | 2,60 | 13,20 | 4,49  |
|         |     |    | 6   |     |     | 7,55  | 48,98  | 9,15  | 2,55 | 14,85 | 3,88  | 1,40 | 8,88  | 3,24 | 1,08 | 1,17 | 2,65 | 15,5  | 5,92  |
| 8/6*    | 80  | 60 | 6   |     |     | 8,15  | 52,06  | 9,42  | 2,53 | 25,18 | 5,58  | 1,76 | 13,61 | 4,66 | 1,29 | 1,49 | 2,47 | 20,98 | 6,39  |
|         |     |    | 7   |     |     | 9,42  | 59,61  | 10,87 | 2,52 | 28,74 | 6,43  | 1,75 | 15,58 | 5,34 | 1,29 | 1,53 | 2,52 | 24,01 | 7,39  |
|         |     |    | 8   |     |     | 10,67 | 66,88  | 12,38 | 2,50 | 32,15 | 7,26  | 1,74 | 17,49 | 5,99 | 1,28 | 1,57 | 2,56 | 26,83 | 8,37  |
|         |     |    | 8   |     |     | 11,18 | 90,87  | 15,24 | 2,85 | 27,08 | 6,39  | 1,56 | 16,29 | 5,32 | 1,21 | 1,36 | 3,04 | 28,33 | 8,77  |
| 9/5,6   | 90  | 56 | 5,5 | 9,0 | 3,0 | 7,86  | 65,28  | 10,74 | 2,88 | 19,67 | 4,53  | 1,58 | 11,77 | 3,81 | 1,22 | 1,26 | 2,92 | 20,54 | 6,17  |
|         |     |    | 6   |     |     | 8,54  | 70,58  | 11,66 | 2,88 | 21,22 | 4,91  | 1,58 | 12,70 | 4,12 | 1,22 | 1,28 | 2,95 | 22,23 | 6,70  |
|         |     |    | 8   |     |     | 11,18 | 90,87  | 15,24 | 2,85 | 27,08 | 6,39  | 1,56 | 16,29 | 5,32 | 1,21 | 1,36 | 3,04 | 28,33 | 8,77  |
|         |     |    | 8   |     |     | 11,18 | 90,87  | 15,24 | 2,85 | 27,08 | 6,39  | 1,56 | 16,29 | 5,32 | 1,21 | 1,36 | 3,04 | 28,33 | 8,77  |
| 10/6,3  | 100 | 63 | 6   | 10  | 3,3 | 9,58  | 98,29  | 14,52 | 3,20 | 30,58 | 6,27  | 1,79 | 18,20 | 5,27 | 1,38 | 1,42 | 3,23 | 31,50 | 7,53  |
|         |     |    | 7   |     |     | 11,09 | 112,86 | 16,78 | 3,19 | 34,99 | 7,23  | 1,78 | 20,83 | 6,06 | 1,37 | 1,46 | 3,28 | 36,10 | 8,70  |
|         |     |    | 8   |     |     | 12,57 | 126,96 | 19,01 | 3,18 | 39,21 | 8,17  | 1,77 | 23,38 | 6,82 | 1,36 | 1,50 | 3,32 | 40,50 | 9,87  |
|         |     |    | 10  |     |     | 15,47 | 153,95 | 23,32 | 3,15 | 47,18 | 9,99  | 1,75 | 28,34 | 8,31 | 1,35 | 1,58 | 3,40 | 48,60 | 12,14 |
| 10/6,5* | 100 | 65 | 7   |     |     | 11,23 | 114,05 | 16,87 | 3,19 | 38,32 | 7,70  | 1,85 | 22,77 | 6,43 | 1,41 | 1,52 | 3,24 | 38,00 | 8,81  |
|         |     |    | 8   |     |     | 12,73 | 128,31 | 19,11 | 3,18 | 42,96 | 8,70  | 1,84 | 25,24 | 7,26 | 1,41 | 1,56 | 3,28 | 42,64 | 9,99  |
| 11/7,0  | 110 | 70 | 10  |     |     | 15,67 | 155,52 | 23,45 | 3,15 | 51,68 | 10,64 | 1,82 | 30,60 | 8,83 | 1,40 | 1,64 | 3,37 | 51,18 | 12,30 |
|         |     |    | 6,5 |     |     | 11,45 | 142,42 | 19,11 | 3,53 | 45,61 | 8,42  | 2,00 | 26,94 | 7,05 | 1,53 | 1,58 | 3,55 | 46,80 | 8,98  |
|         |     |    | 8   |     |     | 13,93 | 171,54 | 23,22 | 3,51 | 54,64 | 10,20 | 1,98 | 32,31 | 8,50 | 1,52 | 1,64 | 3,61 | 55,90 | 10,93 |

Продовження табл. 3

| 1       | 2   | 3   | 4  | 5  | 6   | 7     | 8       | 9      | 10   | 11     | 12    | 13   | 14     | 15    | 16   | 17   | 18   | 19    | 20    |
|---------|-----|-----|----|----|-----|-------|---------|--------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 12,5/8  | 125 | 80  | 7  | 11 | 3,7 | 14,06 | 226,53  | 26,67  | 4,01 | 73,73  | 11,89 | 2,29 | 43,40  | 9,96  | 1,76 | 1,80 | 4,01 | 74,70 | 11,04 |
|         |     |     | 8  |    |     | 15,98 | 225,62  | 30,26  | 4,00 | 80,95  | 13,47 | 2,28 | 48,82  | 11,25 | 1,75 | 1,84 | 4,05 | 84,12 | 12,58 |
|         |     |     | 10 |    |     | 19,70 | 311,61  | 37,27  | 3,98 | 100,47 | 16,52 | 2,26 | 59,33  | 13,74 | 1,74 | 1,92 | 4,14 | 102   | 15,47 |
|         |     |     | 12 |    |     | 23,36 | 364,79  | 44,07  | 3,95 | 116,84 | 19,46 | 2,24 | 69,47  | 16,11 | 1,72 | 2,00 | 4,22 | 118   | 18,38 |
| 14/9,0  | 140 | 90  | 8  | 12 | 4,0 | 18,00 | 363,68  | 38,25  | 4,49 | 119,79 | 17,19 | 2,58 | 70,27  | 14,39 | 1,58 | 2,03 | 4,49 | 121   | 14,13 |
|         |     |     | 10 |    |     | 22,24 | 444,45  | 47,19  | 4,47 | 145,54 | 21,14 | 2,58 | 85,51  | 17,58 | 1,96 | 2,12 | 4,58 | 147   | 17,46 |
| 16/10,0 | 160 | 100 | 9  | 13 | 4,3 | 22,87 | 605,97  | 56,04  | 5,15 | 186,03 | 23,96 | 2,85 | 110,40 | 20,01 | 2,20 | 2,24 | 5,19 | 194   | 17,96 |
|         |     |     | 10 |    |     | 25,28 | 666,59  | 61,91  | 5,13 | 204,09 | 26,42 | 2,84 | 121,16 | 22,02 | 2,19 | 2,28 | 5,23 | 213   | 19,85 |
|         |     |     | 12 |    |     | 30,04 | 784,22  | 73,42  | 5,11 | 238,75 | 31,23 | 2,82 | 142,14 | 25,93 | 2,18 | 2,36 | 5,32 | 249   | 23,58 |
|         |     |     | 14 |    |     | 34,72 | 897,19  | 84,65  | 5,08 | 271,60 | 35,89 | 2,80 | 162,49 | 29,75 | 2,16 | 2,43 | 5,40 | 282   | 27,26 |
| 18/11,0 | 180 | 110 | 10 | 14 | 4,7 | 28,33 | 952,28  | 78,59  | 5,80 | 276,37 | 32,27 | 3,12 | 165,44 | 26,96 | 2,42 | 2,44 | 5,88 | 295   | 22,00 |
|         |     |     | 12 |    |     | 33,69 | 1122,56 | 93,33  | 5,77 | 324,09 | 38,20 | 3,10 | 194,28 | 31,83 | 2,40 | 2,52 | 5,97 | 348   | 26,40 |
| 20/12,5 | 200 | 125 | 11 |    |     | 34,87 | 1449,02 | 107,31 | 6,45 | 446,36 | 45,98 | 3,58 | 263,84 | 38,27 | 2,75 | 2,79 | 6,50 | 465   | 27,37 |
|         |     |     | 12 |    |     | 37,89 | 1568,19 | 116,51 | 6,43 | 481,93 | 49,85 | 3,57 | 285,04 | 41,45 | 2,74 | 2,83 | 6,54 | 503   | 29,74 |
|         |     |     | 14 |    |     | 43,87 | 1800,83 | 134,64 | 6,41 | 550,77 | 57,43 | 3,54 | 326,54 | 47,57 | 2,73 | 2,91 | 6,62 | 575   | 34,43 |
|         |     |     | 16 |    |     | 49,77 | 2026,08 | 152,41 | 6,38 | 616,66 | 64,83 | 3,52 | 366,99 | 53,56 | 2,72 | 2,99 | 6,71 | 643   | 39,07 |

## ГОСТ 26020-83 Двутаври сталеві гарячекатані з паралельними гранями полиць. Сортамент.



| Номер профіля      | h        | b        | s        | t        | r        | Площа поперечного перерізу, $\text{см}^2$ | Маса $I_m$ , кг | Довідкові величини для осей |                    |                    |                  |                    |                    |                  |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---|-----------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
|                    |          |          |          |          |          |   |                 | x - x                       |                    |                    | y - y            |                    |                    |                  |
|                    |          |          |          |          |          |   |                 | $I_x, \text{см}^4$          | $W_x, \text{см}^3$ | $S_x, \text{см}^3$ | $i_x, \text{см}$ | $I_y, \text{см}^4$ | $W_y, \text{см}^3$ | $i_y, \text{см}$ |
| Нормальні двутаври |          |          |          |          |          |   |                 |                             |                    |                    |                  |                    |                    |                  |
| <b>1</b>           | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b>                                  | <b>8</b>        | <b>9</b>                    | <b>10</b>          | <b>11</b>          | <b>12</b>        | <b>13</b>          | <b>14</b>          | <b>15</b>        |
| 10Б1               | 100      | 55       | 4,1      | 5,7      | 7        | 10,32                                     | 8,1             | 171                         | 34,2               | 19,7               | 4,07             | 15,9               | 5,8                | 1,24             |
| 12Б1               | 117,6    | 64       | 3,8      | 5,1      | 7        | 11,03                                     | 8,7             | 257                         | 43,8               | 24,9               | 4,83             | 22,4               | 7,0                | 1,42             |
| 12Б2               | 120      | 64       | 4,4      | 6,3      |          | 13,21                                     | 10,4            | 318                         | 53,0               | 30,4               | 4,90             | 27,7               | 8,6                | 1,45             |
| 14Б1               | 137,4    | 73       | 3,8      | 5,6      | 7        | 13,39                                     | 10,5            | 435                         | 63,3               | 35,8               | 5,70             | 36,4               | 10,0               | 1,65             |
| 14Б2               | 140      | 73       | 4,7      | 6,9      |          | 16,43                                     | 12,9            | 541                         | 77,3               | 44,2               | 5,74             | 44,9               | 12,3               | 1,65             |
| 16Б1               | 157      | 82       | 4,0      | 5,9      | 9        | 16,18                                     | 12,7            | 689                         | 87,8               | 49,5               | 6,53             | 54,4               | 13,3               | 1,83             |
| 16Б2               | 160      | 82       | 5,0      | 7,4      |          | 20,09                                     | 15,8            | 968                         | 108,7              | 61,9               | 6,58             | 68,3               | 16,6               | 1,84             |
| 18Б1               | 177      | 91       | 4,3      | 6,5      | 9        | 19,58                                     | 15,4            | 1063                        | 120,1              | 67,7               | 7,37             | 81,9               | 18,0               | 2,04             |
| 18Б2               | 180      | 91       | 5,3      | 8,0      |          | 23,95                                     | 18,8            | 1317                        | 146,3              | 83,2               | 7,41             | 100,8              | 22,2               | 2,05             |
| 20Б1               | 200      | 100      | 5,6      | 8,5      | 12       | 28,49                                     | 22,4            | 1943                        | 194,3              | 110,3              | 8,26             | 142,3              | 28,5               | 2,23             |
| 23Б1               | 230      | 110      | 5,6      | 9,0      |          | 32,91                                     | 25,8            | 2996                        | 260,5              | 147,2              | 9,54             | 200,3              | 36,4               | 2,47             |
| 26Б1               | 258      | 120      | 5,8      | 8,5      |          | 35,62                                     | 28,0            | 4024                        | 312,0              | 176,6              | 10,63            | 245,6              | 40,9               | 2,63             |



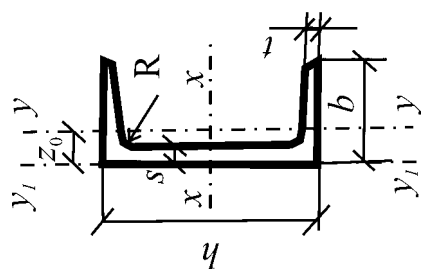
Продовження табл. 4

| 1     | 2    | 3   | 4    | 5    | 6  | 7      | 8     | 9      | 10      | 11     | 12    | 13      | 14     | 15   |
|-------|------|-----|------|------|----|--------|-------|--------|---------|--------|-------|---------|--------|------|
| 26Б2  | 261  | 120 | 6,0  | 10,0 | 12 | 39,70  | 31,2  | 4654   | 356,6   | 201,5  | 10,83 | 288,8   | 48,1   | 2,70 |
| 30Б1  | 296  | 140 | 5,8  | 8,5  | 15 | 41,92  | 32,9  | 6328   | 427,0   | 240,0  | 12,29 | 390,0   | 55,7   | 3,05 |
| 30Б2  | 299  | 140 | 6,0  | 10,0 |    | 46,67  | 36,6  | 7293   | 487,8   | 273,8  | 12,50 | 458,6   | 65,5   | 3,13 |
| 35Б1  | 246  | 155 | 6,2  | 8,5  | 18 | 49,53  | 38,9  | 10060  | 581,7   | 328,6  | 14,25 | 529,6   | 68,3   | 3,27 |
| 35Б2  | 349  | 155 | 6,5  | 10,0 |    | 55,17  | 43,3  | 11550  | 662,2   | 373,0  | 14,47 | 622,9   | 80,4   | 3,36 |
| 40Б1  | 392  | 165 | 7,0  | 9,5  | 21 | 61,25  | 48,1  | 15750  | 803,6   | 456,0  | 16,03 | 714,9   | 86,7   | 3,42 |
| 40Б2  | 396  | 165 | 7,5  | 11,5 |    | 69,72  | 54,7  | 18530  | 935,7   | 529,7  | 16,30 | 865,0   | 104,8  | 3,52 |
| 45Б1  | 443  | 180 | 7,8  | 11,0 | 21 | 76,23  | 59,8  | 24940  | 1125,8  | 639,5  | 18,09 | 1073,7  | 119,3  | 3,75 |
| 45Б2  | 447  | 180 | 8,4  | 13,0 |    | 85,96  | 67,5  | 28870  | 1291,9  | 732,9  | 18,32 | 12,7    | 141,0  | 3,84 |
| 50Б1  | 492  | 200 | 8,8  | 12,0 | 21 | 92,98  | 73,0  | 37160  | 1511,0  | 860,4  | 19,99 | 1606,0  | 160,6  | 4,16 |
| 50Б2  | 496  | 200 | 9,2  | 14,0 |    | 102,80 | 80,7  | 42390  | 1709,0  | 970,2  | 20,30 | 1873,0  | 187,3  | 4,27 |
| 55Б1  | 543  | 220 | 9,5  | 13,5 | 24 | 113,37 | 89,0  | 55680  | 2051,0  | 1165,0 | 22,16 | 2404,0  | 218,6  | 4,61 |
| 55Б2  | 547  | 220 | 10,0 | 15,5 |    | 124,75 | 97,9  | 62790  | 2296,0  | 1302,0 | 22,43 | 2760,0  | 250,9  | 4,70 |
| 60Б1  | 593  | 230 | 10,5 | 15,5 | 24 | 135,26 | 106,2 | 78760  | 2656,0  | 1512,0 | 24,13 | 3154,0  | 274,3  | 4,83 |
| 60Б2  | 597  | 230 | 11,0 | 17,5 |    | 147,30 | 115,6 | 87640  | 2936,0  | 1669,0 | 24,39 | 3561,0  | 309,6  | 4,92 |
| 70Б1  | 691  | 260 | 12,0 | 15,5 | 24 | 164,70 | 129,3 | 125930 | 3645,0  | 2095,0 | 27,65 | 4556,0  | 350,5  | 5,26 |
| 70Б2  | 697  | 260 | 12,5 | 18,5 |    | 183,60 | 144,2 | 145912 | 4187,0  | 2393,0 | 28,19 | 5437,0  | 418,2  | 5,44 |
| 80Б1  | 791  | 280 | 13,5 | 17,0 | 26 | 203,30 | 159,5 | 199500 | 5044,0  | 2917,0 | 31,33 | 6244,0  | 446,0  | 5,54 |
| 80Б2  | 798  | 280 | 14,0 | 20,5 |    | 226,60 | 177,9 | 232200 | 5820,0  | 3343,0 | 32,01 | 7527,0  | 537,6  | 5,76 |
| 90Б1  | 893  | 300 | 15,0 | 18,5 | 30 | 247,10 | 194,0 | 304400 | 6817,0  | 3964,0 | 35,09 | 8365,0  | 557,6  | 5,82 |
| 90Б2  | 900  | 300 | 15,5 | 22,0 |    | 272,40 | 213,8 | 349200 | 7760,0  | 4480,0 | 35,80 | 9943,0  | 662,8  | 6,04 |
| 100Б1 | 990  | 320 | 16,0 | 21,0 | 30 | 293,82 | 230,6 | 446000 | 9011,0  | 5234,0 | 38,96 | 11520,0 | 719,9  | 6,26 |
| 100Б2 | 998  | 320 | 17,0 | 25,0 |    | 328,90 | 258,2 | 516400 | 10350,0 | 5980,0 | 39,62 | 13710,0 | 856,9  | 6,46 |
| 100Б3 | 1006 | 320 | 18,0 | 29,0 |    | 364,00 | 285,7 | 587700 | 11680,0 | 6736,0 | 40,18 | 15900,0 | 993,9  | 6,61 |
| 100Б4 | 1013 | 320 | 19,5 | 32,5 |    | 400,60 | 314,5 | 655400 | 12940,0 | 7470,0 | 40,45 | 17830,0 | 1114,3 | 6,67 |

Таблиця 5

## ДСТУ 3436-96 (ГОСТ 8240-97) Швеллери сталеві гарячекатані з ухилом внутрішніх граней полиць.

## Сортамент.



| Номер профіля | h        | b        | s        | t        | R        | r        | Площа поперечного перерізу, см <sup>2</sup> | Маса Ім, кг | Довідкові величини для осей      |                                  |                     |                                  |                                  |                                   | Z <sub>0</sub> , см |                     |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|-------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
|               |          |          |          |          |          |          |   |             | x - x                            |                                  |                     | y - y                            |                                  |                                   |                     |                     |
|               |          |          |          |          |          |          |   |             | I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup> | i <sub>x</sub> , см | S <sub>x</sub> , см <sup>3</sup> | I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>y3</sub> , см <sup>3</sup> |                     | i <sub>y</sub> , см |
| <b>1</b>      | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b>                                    | <b>9</b>    | <b>10</b>                        | <b>11</b>                        | <b>12</b>           | <b>13</b>                        | <b>14</b>                        | <b>15</b>                         | <b>16</b>           | <b>17</b>           |
| 10            | 100      | 46       | 4,5      | 7,6      | 7,0      | 3,0      | 10,9  | 8,59        | 174                              | 34                               | 3,99                | 20,4                             | 20,4                             | 6,46                              | 1,37                | 1,44                |
| 12            | 120      | 52       | 4,8      | 7,8      | 7,5      | 3,0      | 13,3  | 10,4        | 304                              | 50,6                             | 4,78                | 29,6                             | 31,2                             | 8,52                              | 1,53                | 1,54                |
| 14            | 140      | 58       | 4,9      | 8,1      | 8,0      | 3,0      | 15,6  | 12,3        | 491                              | 70,2                             | 5,60                | 40,8                             | 45,4                             | 11                                | 1,70                | 1,67                |
| 16            | 160      | 64       | 5,0      | 8,4      | 8,5      | 3,5      | 18,1  | 14,2        | 747                              | 94,3                             | 6,42                | 54,1                             | 63,3                             | 13,8                              | 1,87                | 1,80                |
| 16a           | 160      | 68       | 5,0      | 9,0      | 8,5      | 3,5      | 19,5  | 15,3        | 823                              | 103                              | 6,49                | 59,4                             | 78,8                             | 16,4                              | 2,01                | 2,00                |
| 18            | 180      | 70       | 5,1      | 8,7      | 9,0      | 3,5      | 20,7  | 16,3        | 1090                             | 121                              | 7,24                | 69,8                             | 86                               | 17                                | 2,04                | 1,94                |
| 18a           | 180      | 74       | 5,1      | 9,3      | 9,0      | 3,5      | 22,2  | 17,4        | 1190                             | 132                              | 7,32                | 76,1                             | 105                              | 20                                | 2,18                | 2,13                |
| 20            | 200      | 76       | 5,2      | 9,0      | 9,5      | 4,0      | 23,4  | 18,4        | 1520                             | 152                              | 8,07                | 87,8                             | 113                              | 20,5                              | 2,20                | 2,07                |
| 22            | 220      | 82       | 5,4      | 9,5      | 10,0     | 4,0      | 26,7  | 21          | 2110                             | 192                              | 8,89                | 110                              | 151                              | 25,1                              | 2,37                | 2,21                |
| 24            | 240      | 90       | 5,6      | 10,0     | 10,5     | 4,0      | 30,6  | 24          | 2900                             | 242                              | 9,73                | 139                              | 208                              | 31,6                              | 2,6                 | 2,42                |
| 27            | 270      | 95       | 6,0      | 10,5     | 11,0     | 4,5      | 35,2  | 27,7        | 4160                             | 308                              | 10,90               | 178                              | 262                              | 37,3                              | 2,73                | 2,47                |
| 30            | 300      | 100      | 6,5      | 11,0     | 12,0     | 5,0      | 40,5  | 31,8        | 5810                             | 387                              | 12                  | 224                              | 327                              | 43,6                              | 2,84                | 2,52                |
| 33            | 330      | 105      | 7,0      | 11,7     | 13,0     | 5,0      | 46,5  | 36,5        | 7980                             | 484                              | 13,10               | 281                              | 410                              | 51,8                              | 2,97                | 2,59                |
| 36            | 360      | 110      | 7,5      | 12,6     | 14,0     | 6,0      | 53,4  | 41,9        | 10820                            | 601                              | 14,20               | 350                              | 513                              | 61,7                              | 3,1                 | 2,68                |
| 40            | 400      | 115      | 8,0      | 13,5     | 15,0     | 6,0      | 61,5  | 48,3        | 15220                            | 761                              | 15,70               | 444                              | 642                              | 73,4                              | 3,23                | 2,75                |

Несуча здатність центрально стиснутих кутиків  $R_y = 210 \text{ МПа}$ ,  $N = \phi A_T R_y$

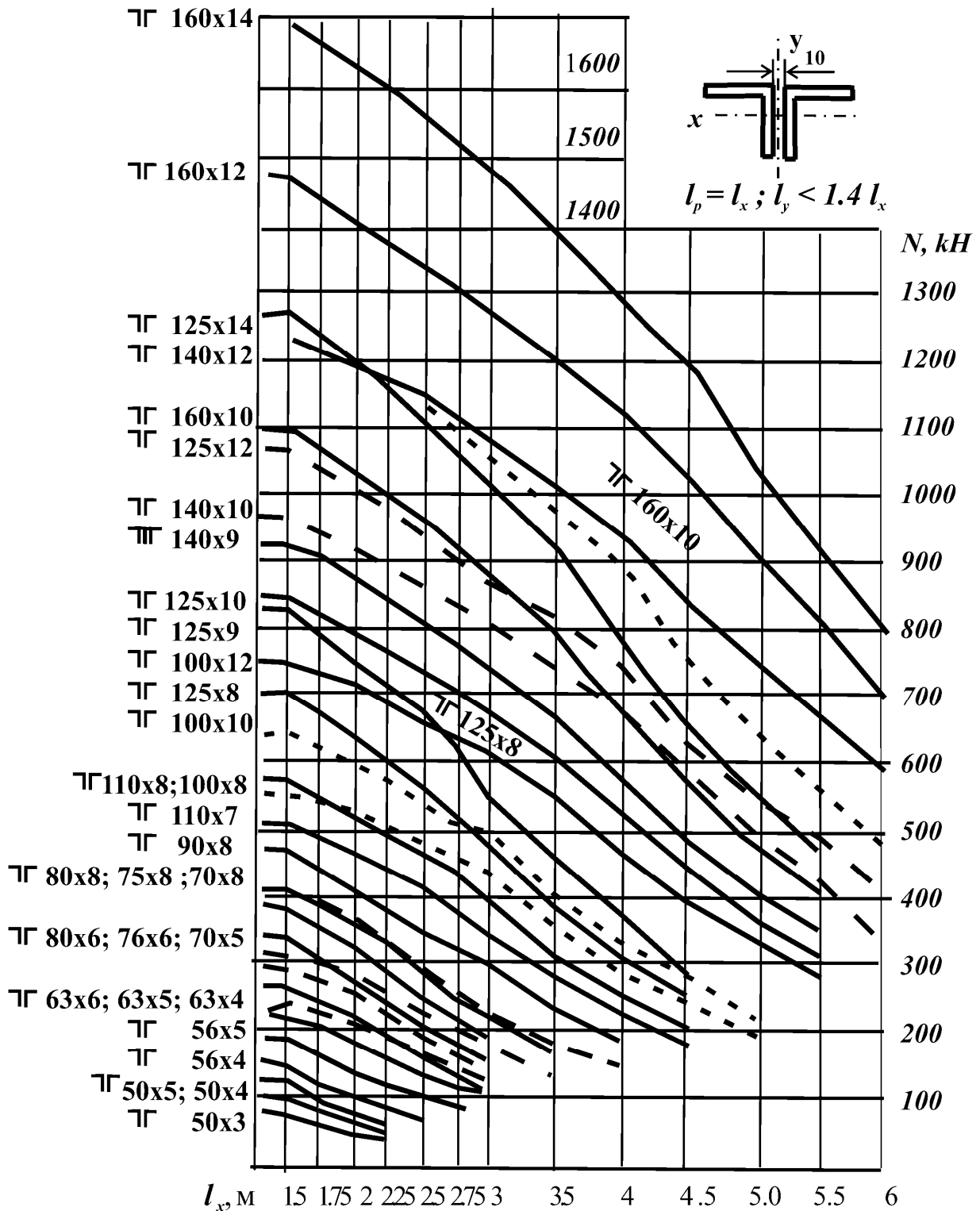


Рис. 1. Несуча здатність центрально стиснутих рівнополічних кутиків

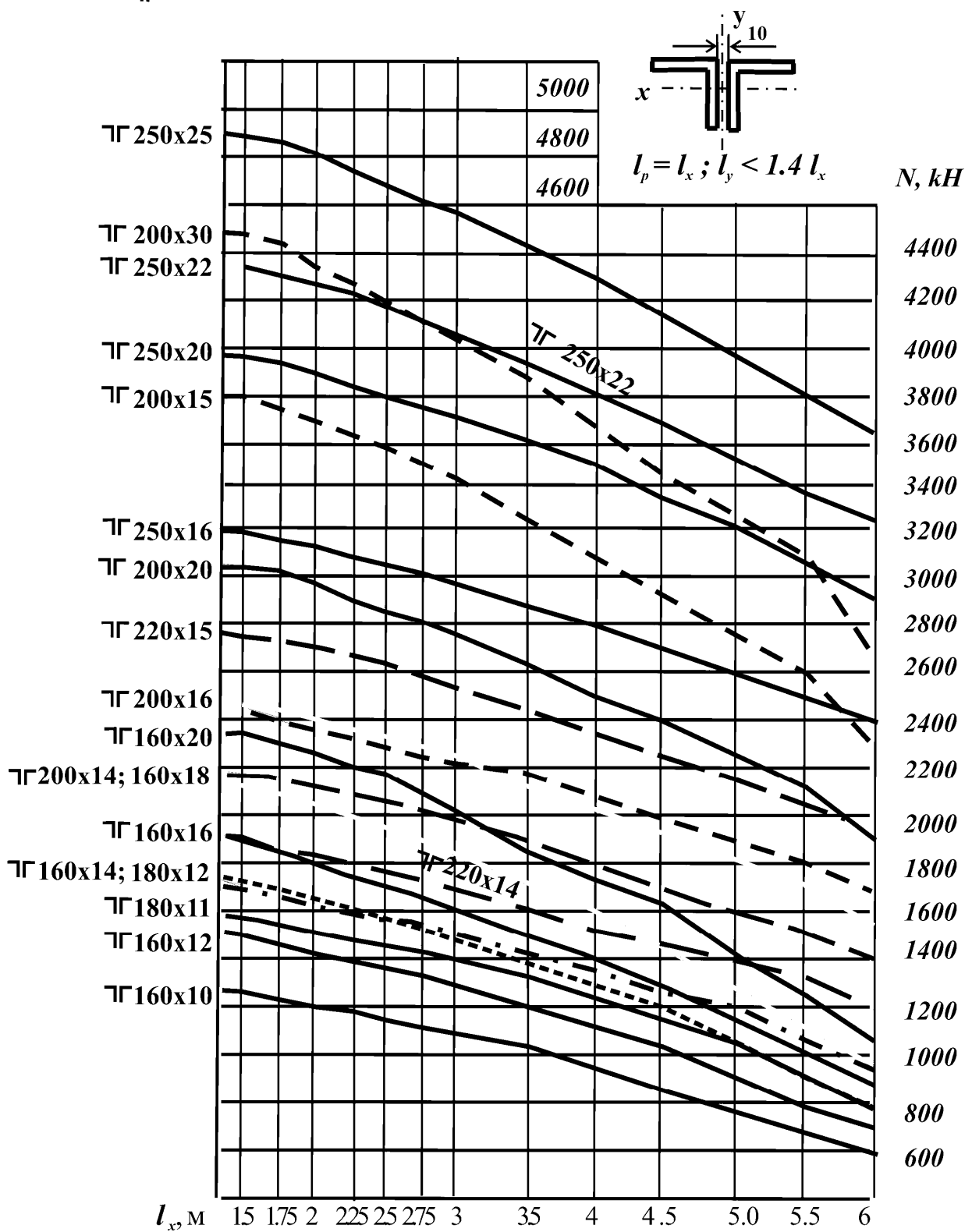


Рис. 2. Несуча здатність це трально-стиснутих рівнополичних кутиків

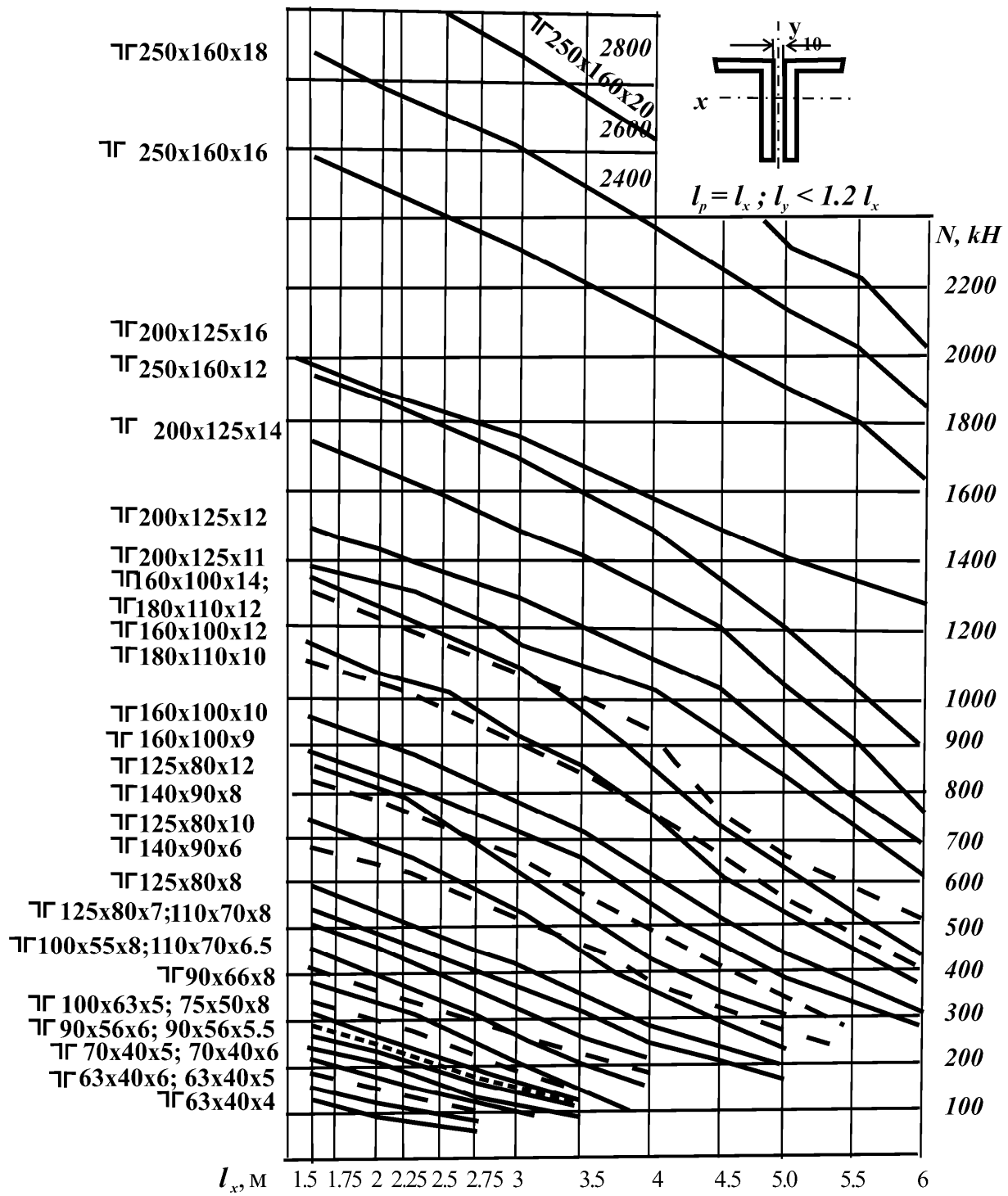


Рис. 3. Несуча здатність центрально - стиснутих нерівнополічних кутиків

**Волкова Вікторія Євгенівна**

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

для студентів напрямку підготовки 6.060101 Будівництво

Видано в авторській редакції:

Підп. до друку 26.04.2013. Формат 30x42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 3,4.  
Обл.-вид. арк. 3,4. Тираж 50 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.