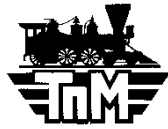


ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТРАНСПОРТУ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ



**В.В. Косарчук, О.В. Агарков**

**Довідник  
з опору матеріалів**

**Для студентів усіх спеціальностей і  
форм навчання**

**Київ 2016**

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної і прикладної механіки (протокол № 8 від 18.04.2016 р.) та на засіданні навчально-методичної комісії факультету ІРСЗ (протокол №8 від 27.04.2016 р.).

Методичний посібник призначено для студентів університету всіх форм навчання і відповідає робочій програмі курсу опору матеріалів.

**Укладачі:** доктор технічних наук, професор В.В. Косарчук  
кандидат технічних наук, доцент О.В.Агарков

**Рецензенти:** доктор технічних наук М.Г. Чаусов (Національний університет біоресурсів і природокористування України);  
кандидат технічних наук, професор Н.С.Брайковська (ДЕТУТ).

## Передмова

Сучасний етап науково-технічного розвитку потребує швидкого поліпшення якості продукції, що випускається, впровадження нових технологій, інтенсифікації виробничих процесів, а стосовно до такої важливої галузі промисловості, як машинобудування – підвищення надійності й довговічності машин - головних показників їхньої якості.

У виконанні цього завдання важлива роль належить розвитку наукової бази для вирішення питань міцності машинобудівних конструкцій, забезпечення надійності й довговічності машин.

Наука, що вивчає методи розрахунку конструкцій на міцність, жорсткість і міцність називається опором матеріалів.

При розв'язанні задач з опору матеріалів часто потрібно використовувати різні довідкові дані. Значна кількість потрібних відомостей, які необхідні для розрахунку конструктивних елементів на міцність, жорсткість та стійкість, часто застарілі, а іноді взагалі відсутні в навчальній літературі.

Даний посібник містить достатню кількість графіків і таблиць. Він призначений для забезпечення практичних, лабораторних та самостійних занять з дисципліни “Опір матеріалів” і буде корисним при курсовому та дипломному проектуванні. Посібник складено відповідно до робочої програми курсу “Опір матеріалів”.

Крім того посібник може бути корисним студентам при вивченні таких дисциплін як технічна механіка, прикладна механіка, прикладна механіка і основи конструювання.

Використання представлених довідкових даних дозволить значно скоротити витрати часу на пошук необхідних механічних та геометричних характеристик конструкцій та матеріалів, з яких вони виготовляються.

Таблиця 1. Орієнтовні значення допустимих напружень

Найменування матеріалів	Допустимі напруження, МПа	
	На розтяг	На стиск
Чавун білий у відливках	28...80	120...150
Сталь	140	
Сталь 20	160	
Сталь вуглецева конструкційна	60-250	
Сталь легована конструкційна	100-400	
Мідь	30...120	
Латунь	70...140	
Бронза	60...120	
Алюміній	30...80	
Алюмінієва бронза	80...120	
Дуралюмін	80...150	
Текстоліт	30...40	
Бакелізована фанера	40...50	
Сосна уздовж волокон	7...10	10...12
Сосна поперек волокон	-	1.5...2
Дуб уздовж волокон	9...13	13...15
Дуб поперек волокон	-	2...3.5
Цегляне мурування	до 0.2	0.6...2.5
Кам'яне мурування	до 0.3	0.4...4
Бетон	0.2...1.4	2...24

Таблиця 2. Модулі пружності та коефіцієнти Пуассона

Найменування матеріалів	Модуль пружності $E \cdot 10^5$ , МПа	Модуль пружності $G \cdot 10^5$ , МПа	Коефіцієнт Пуассона $\mu$
Чавун білий, сірий	1.15...1.6	0.45	0.23...0.27
Ковкий чавун	1.56	-	0.25...0.27
Вуглецеві сталі	2.0...2.1	0.8...0.81	0.27...0.29
Леговані сталі	2.1...2.2	0.81...0.82	0.25...0.31
Сталеве лиття	1.75	0.7	-
Мідь прокатана	1.1	0.4	0.31...0.34
Мідь холоднотягнена	1.3	0.49	-
Титан і його сплави	1.84	0.74	0.30...0.34
Фосфориста бронза	1.15	0.42	0.32...0.38
Латунь холоднотягнена	0.91...0.99	0.35...0.37	0.3...0.34
Корабельна латунь	1.0	0.37	0.36
Марганцевиста бронза	1.1	0.4	0.35
Алюміній	0.69	0.26...0.27	0.32...0.36
Алюмінієвий дріт	0.7	-	0.31...0.34
Сплави алюмінію	1.05	0.42	0.25

## Продовження таблиці 2

Алюмінієва бронза, лиття	0.92...1.32	0.27...0.29	0.32...0.35
Олов'янисті бронзи	0.7...0.75	1.51	0.31...0.32
Дуралюмін	3.96	0.16...0.18	0,26...0,29
Вольфрам	0.40...0.45	0.79	0.31...0.34
Магній і його сплави	2.05	0.07	0,26...0,29
Нікель	0.17	0.37	0.42
Свинець	0.94	0.22	-
Цинк	0.56	-	0.25
Скло	0.49	-	-
Граніт	0.1...0.12	-	-
Дерево уздовж волокон	0.005...0.01	-	-
Дерево поперек волокон	0.00008	-	0.47...0.49
Каучук	0.02...0.03	-	0.36
Бакеліт	0.06...1.0	-	-
Текстоліт	0.1...0.17	-	-
Гетинакс	0.017...0.018	-	0.39

Таблиця 3. Механічні характеристики деяких матеріалів

Найменування матеріалів	$\sigma_{мц}$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{нц}$ , МПа
Сталь 20	380...470	250	200
Сталь 25	420...520	280	220...240
Сталь 35	500...620	320	260...280
Сталь 40	550...650	300	250...260
Сталь 45	600...720	360	270
Сталь 50	640	380	280
Сталь 60	700	480	450
Хромиста сталь	700...1100	500...900	400...850
Хромомолібденова сталь	800...1000	600...800	700
Марганцевиста сталь	420...600	250...400	200...340
Сталь 30ХГСА	800...1600	750...1200	500...1100
Титанові сплави:			
BT3-1	950...1200	850...1100	700...850
BT8	1050...1180	950...1100	-
BT14	950...1500	850...1100	-
B95	500...600	400...450	-
Сплав АВ	300	230	-
Латунь	300...600	520	250
Чавун	500	-	200
Мідь	280...320	260...300	210...270
Бронза АЖ9-4	450...550	350	250
Алюмінієвий сплав МА5	300	200	100

## Продовження таблиці 3

Дуралюмін нормальний	180...420	110...240	100...180
Дуралюмін підвищеної міцності	300...470	220...380	210...270
Текстоліт	100	-	26
Гетинакс	150...170	-	39.5

Примітка. Орієнтовно приймаються співвідношення:  
для границі пропорційності  $\sigma_{ny}/\sigma_{mц}$

Дуралюмін	30ХГСА	Сталь 20	Хромонікелева	Хромиста
0.63	0.71	0.65	0.77	0.75

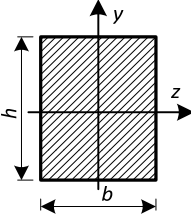
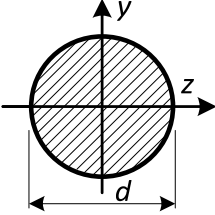
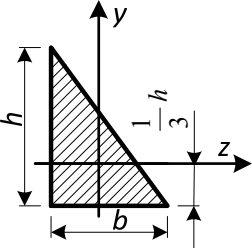
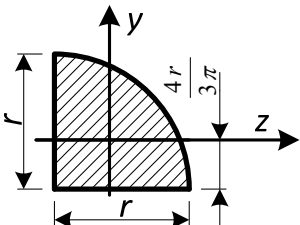
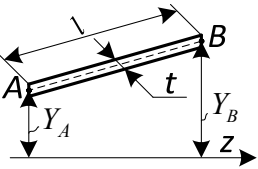
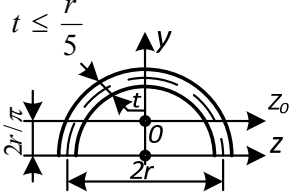
для границі міцності при зрізі  $\tau_{mц}$  :

Сталь (0.6...0.7) $\sigma_{mц}$	Алюмінієві сплави (0.6...0.65) $\sigma_{mц}$	Магнієві сплави (0.5...0.6) $\sigma_{mц}$
------------------------------------	---	--

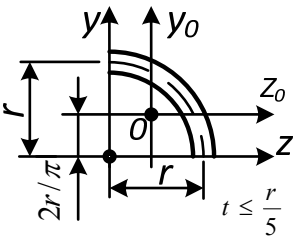
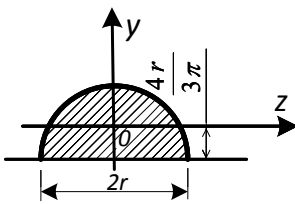
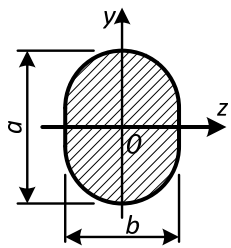
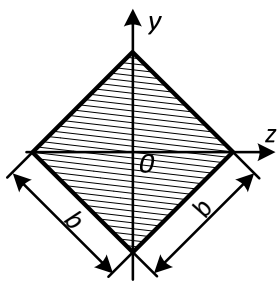
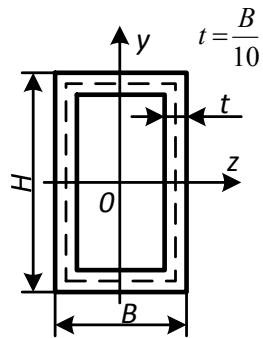
Таблиця 4. Коефіцієнти лінійного температурного розширення

Найменування матеріалу	$\alpha \cdot 10^{-6}$ , 1/град	Найменування матеріалу	$\alpha \cdot 10^{-6}$ , 1/град
Алюміній	24 – 26	Чавун антифрикційний	12
Алюмінієві сплави	20 – 24	Нікель	13
Олов'яниста бронза	17 – 19	Магній	25.5
Вуглецеві сталі	11.1 – 11.6	Золото	14.3
Сталь 30ХГСА	11	Дуралюмін	22.5
Сталь 20Г	12.5	Вольфрам	4.5
Сталь 30ХМА	12.3	Олово	27
Сталь 45Х	12.8	Цинк	39.5
Сталь 40ХС	11.7	Молібден	5.2
Сталь 18ХНВ	14.5	Деревина	2 – 5
Сталь 30ХНВ	11.6	Графіт	8
Латунь	16 – 21	Скло	7 – 9
Мідь	16.5 – 17.5	Органічне скло	130
Чавун	10.4		

Таблиця 5. Геометричні характеристики плоских перерізів.

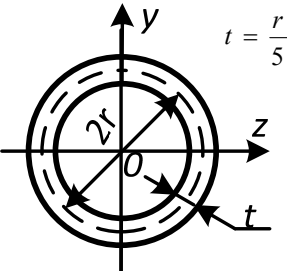
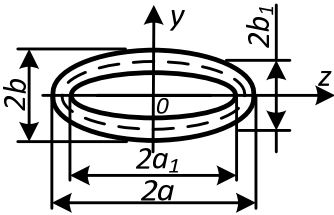
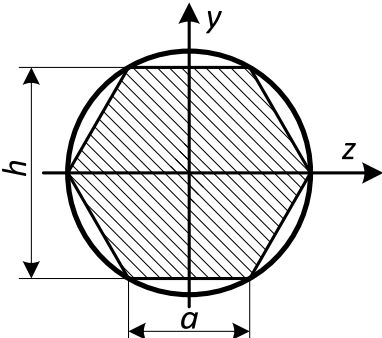
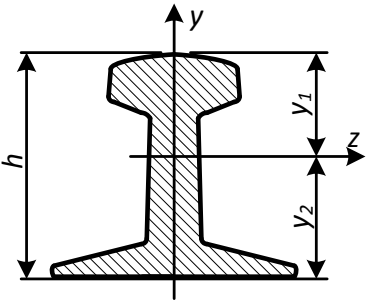
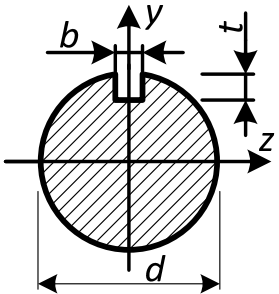
Форма перерізів	Площа А	Моменти інерції		
		$J_Y$	$J_Z$	$J_{ZY}$
	$bh$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{bh^3}{12}$	0
	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	0
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{hb^3}{36}$	$\frac{bh^3}{36}$	$-\frac{b^2h^2}{72}$
	$\frac{\pi r^2}{4}$	$0.055r^4$	$0.055r^4$	$-0.0165r^4$
	$lt$	-	$\frac{lt}{3} \cdot (\gamma_A^2 + \gamma_B^2 + \gamma_A \gamma_B)$	
	$\pi r t$	$\frac{\pi r^3}{2}$	$J_Z = \frac{\pi r^3}{2}$ $J_{Z_0} = \frac{tr^3}{2} \left( \pi - \frac{8}{\pi} \right)$	0

Продовження таблиці 5.

Форма перерізів	Площа А	$J_Y$	$J_Z$	$J_{ZY}$
	$\frac{\pi r^2}{2}$	$J_Y = J_Z = \frac{\pi r^3}{2}$ $J_{Y_0} = J_{Z_0} = \frac{tr^3}{4} \left( \pi - \frac{8}{\pi} \right)$		$J_{Z_0 Y_0} = -0.137tr^3$
	$\frac{\pi r^2}{2}$	$\frac{\pi r^4}{8}$	$0.11r^4$	0
	$\frac{\pi ab}{4}$	$\frac{\pi ab^3}{64}$	$\frac{\pi a^3 b}{64}$	0
	$b^2$	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{b^4}{12}$	0
	$2t(B+H)$	$\frac{tB^3}{6} \left( \frac{3H}{B} + 1 \right)$	$\frac{tH^3}{6} \left( \frac{3B}{H} + 1 \right)$	0



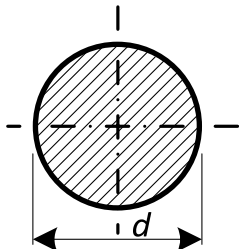
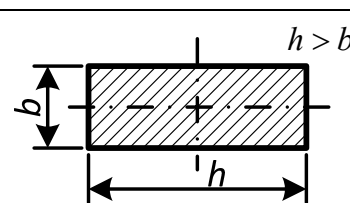
Продовження таблиці 5.

Форма перерізів	Площа А	$J_Y$	$J_Z$	$J_{ZY}$
	$2\pi r t$	$\pi r^3$	$\pi r^3$	0
	$\pi(ab - a_1b_1)$	$\frac{\pi}{4}(a^3b - a_1^3b_1)$	$\frac{\pi}{4}(ab^3 - a_1b_1^3)$	0
	$2.598a^2$ $0.866h^2$	$0.541a^4$	$0.541a^4$	0
	$\approx 0.238h^2$	$\approx 0.032h^4$		
	$\approx \frac{\pi d^2}{4} - bt$	$\frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$		

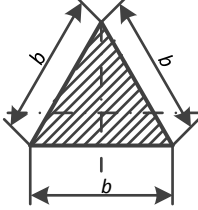
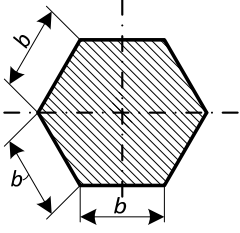
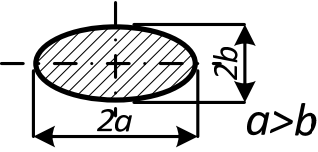
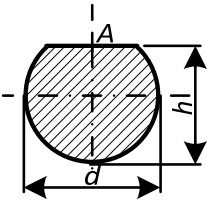
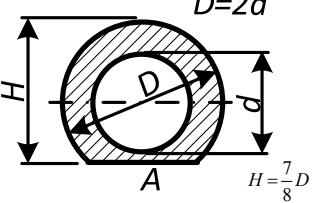
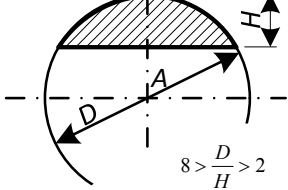
Таблиця 6. Значення коефіцієнтів  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  для визначення геометричних характеристик кручення прямокутних стержнів ( $h > b$ ).

$h/b$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1	0.208	0.140	1.000
1.1	0.214	0.149	0.972
1.2	0.218	0.159	0.944
1.25	0.220	0.164	0.930
1.3	0.222	0.169	0.916
1.4	0.226	0.182	0.887
1.5	0.231	0.196	0.859
1.6	0.234	0.207	0.843
1.7	0.237	0.211	0.827
1.75	0.239	0.215	0.819
1.8	0.240	0.220	0.811
2.0	0.246	0.229	0.795
2.25	0.258	0.236	0.785
2.5	0.258	0.245	0.775
3	0.267	0.263	0.753
4	0.282	0.281	0.745
5	0.290	0.290	0.743
6	0.299	0.299	0.743
8	0.307	0.307	0.743
10	0.313	0.313	0.743
20	0.327	0.327	0.743
$\infty$	0.333	0.333	0.743

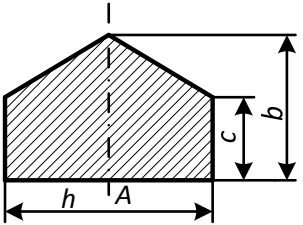
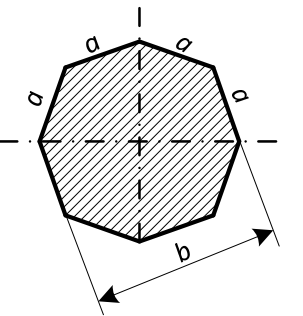
Таблиця 7. Геометричні характеристики перерізів при крученні стержнів.

Форма поперечного перерізу	$J_K$	$W_K$	$\tau_{MAX} = \frac{M_K}{W_K}$
	$J_K = J_P = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0.1d^4$	$W_K = W_P = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0.2d^3$	На контурі поперечного перерізу.
	$J_K = \beta hb^3$	$W_K = \alpha hb^2$	Посередині довгих сторін

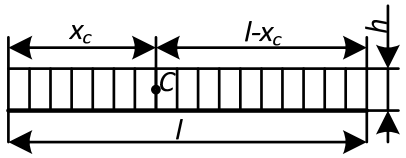
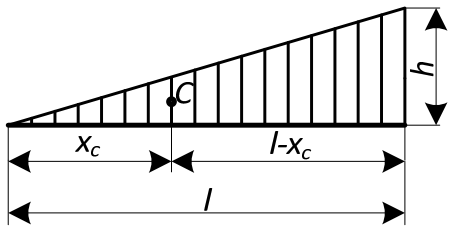
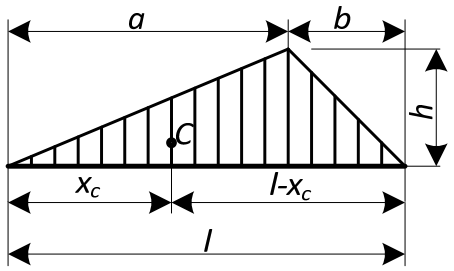
Продовження таблиці 7.

Форма поперечного перерізу	$J_K$	$W_K$	$\tau_{MAX} = \frac{M_K}{W_K}$
	$J_K = \frac{\sqrt{3}}{80} b^4 \approx \frac{b^4}{46.2}$	$W_K = \frac{b^3}{20} = 0.05b^3$	Посередині сторін
 <p data-bbox="252 846 443 875">A-площа перерізу</p>	$J_K = kb^2 A$ <p data-bbox="580 689 861 719">для шестикутника <math>k = 0.133</math></p> <p data-bbox="580 770 861 799">для восьмикутника <math>k = 0.130</math></p>	$W_K = k' ba$ <p data-bbox="919 689 1184 719">для шестикутника <math>k' = 0.217</math></p> <p data-bbox="919 770 1184 799">для восьмикутника <math>k' = 0.223</math></p>	Посередині сторін
	$J_K = \frac{\pi^2 a^3 b^3}{a^2 + b^2}$	$W_K = \frac{\pi ab^2}{2}$	<p data-bbox="1232 904 1442 981">На кінці малої півосі <math>\tau_{MAX}</math></p> <p data-bbox="1232 994 1442 1070">На кінці великої півосі</p> $\tau = \frac{\tau_{MAX} b}{a}$
	$J_K = \frac{d^4}{16} \left( 2.6 \frac{h}{d} - 1 \right)$	$W_K = \frac{d^3 \left( 2.6 \frac{h}{d} - 1 \right)}{8 \left( 0.3 \frac{h}{d} + 0.7 \right)}$	Посередині плоского зрізу (точка А)
	$J_K = \frac{D^4}{18.9}$	$W_K = \frac{D^3}{11.4}$	Посередині плоского зрізу (в точці А)
	$J_K = 4.75 D^4 \left( \frac{2H}{D} \right)^{3.33}$	$W_K = \frac{D^3}{22.9} \left( \frac{2H}{D} \right)^{2.82}$	У точці А

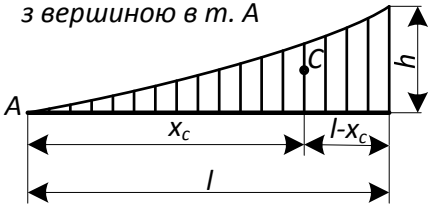
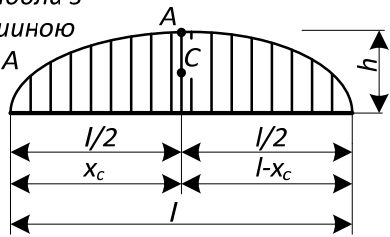
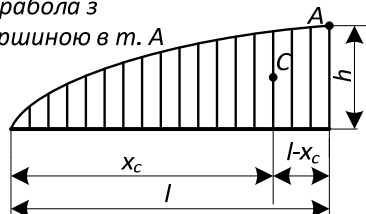
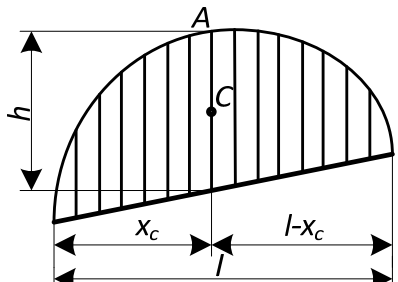
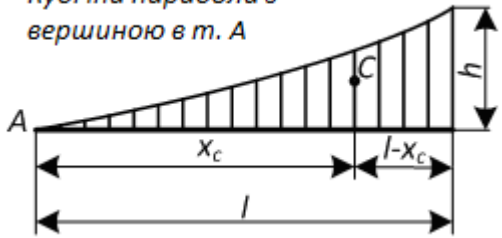
Продовження таблиці 7.

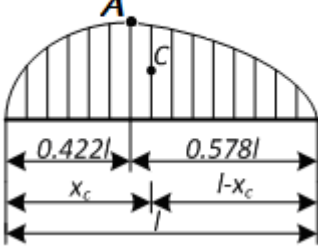
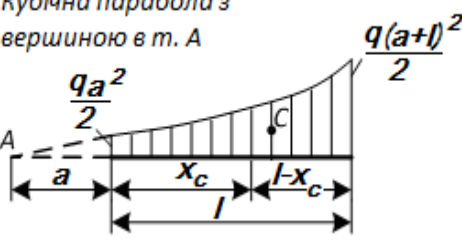
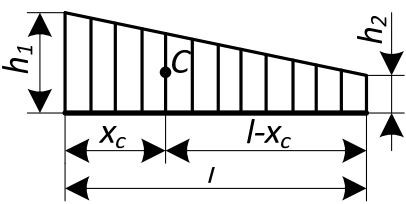
Форма поперечного перерізу	$J_K$	$W_K$	$\tau_{MAX} = \frac{M_K}{W_K}$
	$J_K = \frac{h(b^4 - c^4)}{12(b - c)} - 0.21c^4$	$W_K = \frac{J_K}{b}$	У точці А
	$J_K = 0.108b^4$	$W_K = 0.185b^3$	Посередині сторін

Таблиця 8. Площі епюр і положення центрів ваги.

Вид епюри	Площа епюр, $\omega$	Положення центра ваги, $x_C$
	$lh$	$\frac{l}{2}$
	$\frac{lh}{2}$	$\frac{2}{3}l$
	$\frac{lh}{2}$	$\frac{a + b}{3}$

Продовження таблиці 8

Вид епюри	Площа епюр, $\omega$	Положення центра ваги, $x_C$
<p>Квадратна парабола з вершиною в т. А</p> 	$\frac{1}{3}lh$	$\frac{3}{4}l$
<p>Квадратна парабола з вершиною в т. А</p> 	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{l}{2}$
<p>Квадратна парабола з вершиною в т. А</p> 	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{5}{8}l$
 <p>Квадратна парабола з вершиною в т. А</p>	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{l}{2}$
<p>Кубічна парабола з вершиною в т. А</p> 	$\frac{1}{4}lh$	$\frac{4}{5}l$

Вид епюри	Площа епюр, $\omega$	Положення центра ваги, $x_C$
<p>Кубічна парабола з вершиною в т. А</p> 	$0.65lh$	$0.476l$
<p>Кубічна парабола з вершиною в т. А</p> 	$\frac{ql}{6} [l^2 + 3a(a+l)]$	$\frac{l}{4} \cdot \frac{6a^2l + 8al^2 + 3l^3}{3a^2l + 3al^2 + l^3}$
	$\frac{h_1 + h_2}{2} l$	$\frac{l}{3} \cdot \frac{h_1 + 2h_2}{(h_1 + h_2)}$

Таблиця 9. Фіктивні опорні реакції для різних випадків навантаження дійсної балки.

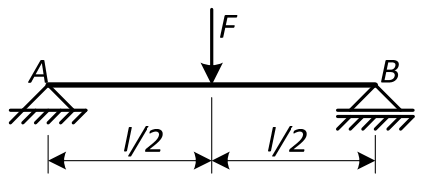
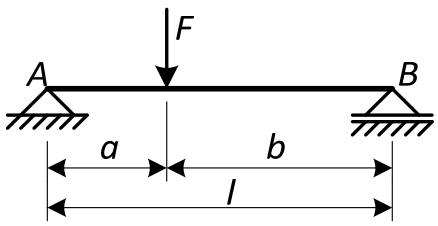
	Схема балки і її навантаження	$A_\Phi$	$B_\Phi$
1		$\frac{Fl^2}{16}$	$\frac{Fl^2}{16}$
2		$\frac{Fab(l+b)}{6l}$	$\frac{Fab(l+a)}{6l}$

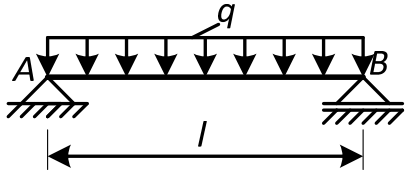
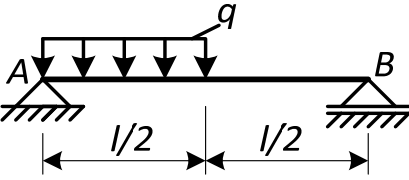
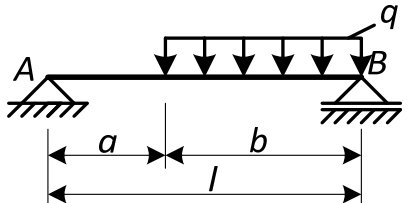
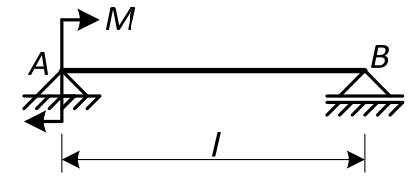
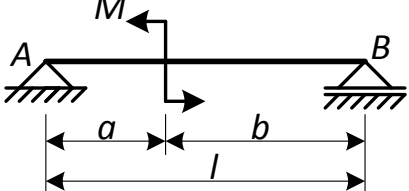
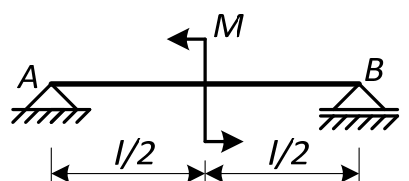
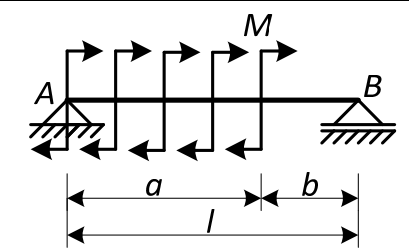

	Схема балки і її навантаження	$A_{\Phi}$	$B_{\Phi}$
3		$\frac{ql^3}{24}$	$\frac{ql^3}{24}$
4		$\frac{3}{128}ql^3$	$\frac{7}{384}ql^3$
5		$\frac{qb^2}{24l}(2l^2 - b^2)$	$\frac{qb^2}{24l}(2l - b)^2$
6		$\frac{Ml}{3}$	$\frac{Ml}{6}$
7		$\frac{M}{6l}(l^2 - 3b^2)$	$\frac{M}{6l}(3a^2 - l^2)$
8		$\frac{Ml}{24}$	$-\frac{Ml}{24}$
9		$\frac{mab}{6l}(l+b)$	$\frac{mab}{6l}(l+a)$
10		$\frac{(2M_1 + M_2)l}{6}$	$\frac{(M_1 + 2M_2)l}{6}$

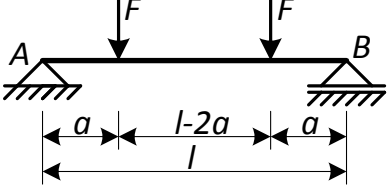
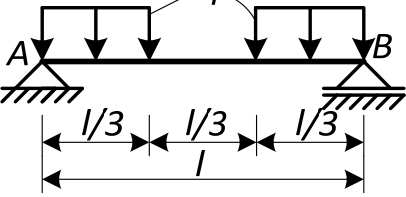
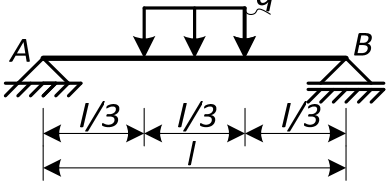
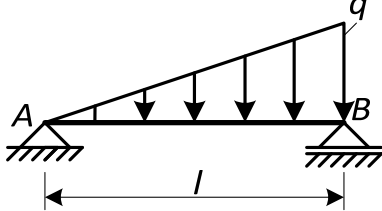
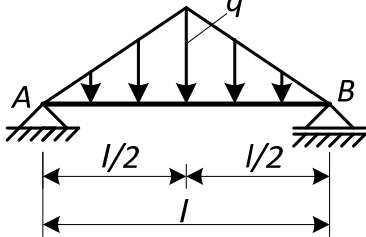
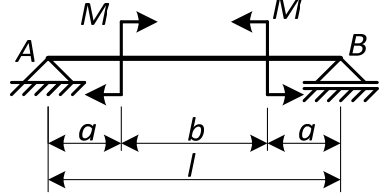
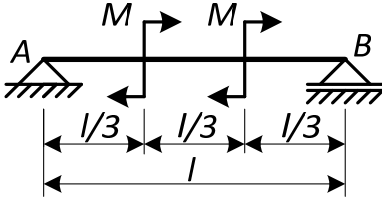
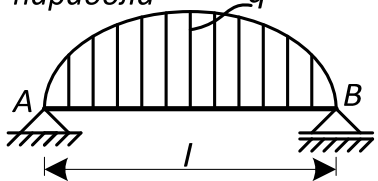
	Схема балки і її навантаження	$A_{\Phi}$	$B_{\Phi}$
11		$\frac{Fa(l-a)}{2}$	$\frac{Fa(l-a)}{2}$
12		$\frac{7}{324}ql^3$	$\frac{7}{324}ql^3$
13		$\frac{13}{648}ql^3$	$\frac{13}{648}ql^3$
14		$\frac{7}{360}ql^3$	$\frac{1}{45}ql^3$
15		$\frac{5}{192}ql^3$	$\frac{5}{192}ql^3$
16		$\frac{Mb}{2}$	$\frac{Mb}{2}$
17		$-\frac{Ml}{18}$	$\frac{Ml}{18}$



	Схема балки і її навантаження	$A_{\Phi}$	$B_{\Phi}$
18	<p>Квадратна парабола</p> 	$\frac{ql^3}{20}$	$\frac{ql^3}{20}$

Таблиця 10. Формули для врахування зміщення опор і температури при розрахунках статично невизначуваних систем

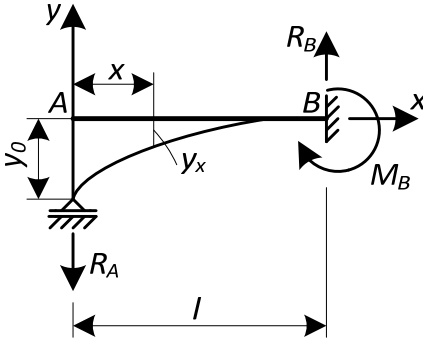
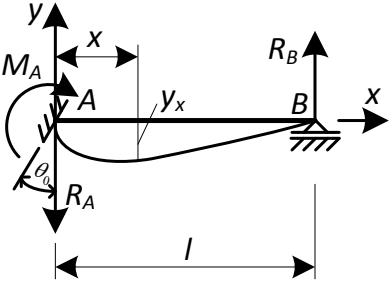
Схема балки	Реакції, поперечні сили, згинальні моменти	Прогини і кути повороту
	$R_A = R_B = \frac{3EJy_0}{l^3},$ $M_B = \frac{3EJy_0}{l^2},$ $Q_x = -\frac{3EJy_0}{l^3},$ $M_x = -\frac{3EJy_0}{l^3}x$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math></p> $M_{MAX} = -\frac{3EJy_0}{l^2},$ <p>при <math>x = l</math></p>	$y_x = -\frac{y_0}{2} \left( 2 - 3\frac{x}{l} + \frac{x^3}{l^3} \right)$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math></p> $y_{MAX} = -y_0 \text{ при } x = 0$ $\theta_{MAX} = \theta_A = \frac{3y_0}{2l}$ <p>при <math>x = 0</math></p>
	$R_A = R_B = \frac{3EJ\theta_0}{l^2},$ $M_A = \frac{3EJ\theta_0}{l}, \quad Q_x = -\frac{3EJ\theta_0}{l^2},$ $M_x = \frac{3EJ\theta_0}{l^2}(l-x)$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $M_{MAX} = \frac{3EJ\theta_0}{l}$ <p>при <math>x = 0</math>.</p>	$y_x = -\theta_0 \cdot \frac{l}{2} \left( 2\frac{x}{l} - 3\frac{x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right)$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math></p> $y_{MAX} = -0.193\theta_0 l$ <p>при <math>x = 0.422l</math></p> $\theta_{MAX} = \theta_A = -\theta_0 \text{ при } x = 0$ $\theta_B = \frac{1}{2}\theta_0 \text{ при } x = l$

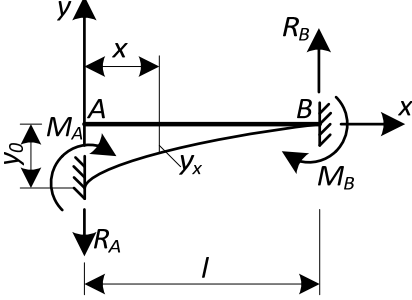
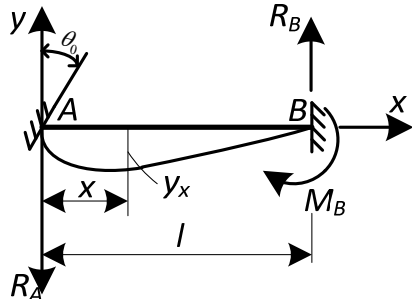
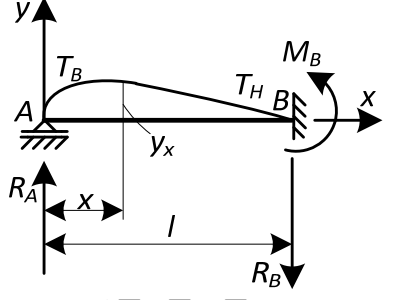
Схема балки	Реакції, поперечні сили, згинальні моменти	Прогини і кути повороту
	$R_A = R_B = \frac{12EJ}{l^3} y_0,$ $M_A = M_B = \frac{6EJ}{l^2} y_0,$ $Q_x = -\frac{12EJ}{l^3} y_0,$ $M_x = \frac{6EJ}{l^2} y_0 \left(1 - 2\frac{x}{l}\right)$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $M'_{MAX} = \frac{6EJ}{l^2} y_0 \text{ при } x_1 = 0$ $M''_{MAX} = -\frac{6EJ}{l^2} y_0 \text{ при } x_2 = l$	$y_x = -y_0 \left[1 - \left(3 - 2\frac{x}{l}\right) \frac{x^2}{l^2}\right]$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $y_{MAX} = -y_0 \text{ при } x = 0$
	$R_A = R_B = \frac{6EJ\theta_0}{l^2},$ $M_A = \frac{4EJ\theta_0}{l}, M_B = \frac{2EJ\theta_0}{l}$ $Q_x = -\frac{6EJ\theta_0}{l^2},$ $M_x = \frac{6EJ\theta_0}{l} \left(2 - 3\frac{x}{l}\right),$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $M'_{MAX} = \frac{4EJ\theta_0}{l} \text{ при } x_1 = 0$ $M'_{MAX} = -\frac{2EJ\theta_0}{l} \text{ при } x_2 = l$	$y_x = -\theta_0 l \left(\frac{x^3}{l^3} - 2\frac{x^2}{l^2} + \frac{x}{l}\right)$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $y_{MAX} = -\frac{4\theta_0 l}{27} \text{ при } x = \frac{l}{3}$ $\theta_{MAX} = \theta_A = -\theta_0 \text{ при } x = 0$
 <p><math>\Delta T = T_B - T_H</math></p>	$R_A = R_B = \frac{3\alpha\Delta TEJ}{2hl},$ $M_B = \frac{3\alpha\Delta TEJ}{2h},$ $Q_x = \frac{3\alpha\Delta TEJ}{2hl},$ $M_x = \frac{3\alpha\Delta TEJ}{2hl} x,$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $M_{MAX} = \frac{3\alpha\Delta TEJ}{2h}, \text{ при } x = l$	$y_x = -\frac{\alpha\Delta T l^2}{4h} \left(\frac{x}{l} - 2\frac{x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3}\right)$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $y_{MAX} = \frac{\alpha\Delta T l^2}{27 \cdot h} \text{ при } x = \frac{l}{3}$ $\theta_{MAX} = \theta_A = \frac{\alpha\Delta T l}{4h}$ <p>при <math>x = 0</math></p>

Схема балки	Реакції, поперечні сили, згинальні моменти	Прогини і кути повороту
	$R_A = R_B = 0,$ $M_A = M_B = \frac{\alpha \Delta T E J}{h},$ $Q_x = 0,$ $M_x = \frac{\alpha \Delta T E J}{h} = const,$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p>	$y_x = \frac{\alpha \Delta T \cdot (l-x)x}{2h}$ <p>при <math>0 \leq x \leq l</math>.</p> $y_{MAX} = \frac{\alpha \Delta T l^2}{8h}$ <p>при <math>x = \frac{l}{2}</math></p>

Таблиця 11. Значення коефіцієнтів  $a$ ,  $b$ ,  $c$  у формулі Ф.С. Ясинського.

Матеріал	Коефіцієнти		
	$a$ , МПа	$b$ , МПа	$c$ , МПа
Сталь 14	264	0.7	-
Сталь 20	310	1.14	-
Сталь 25	328	1.15	-
Сталь 35	350	1.15	-
Сталь 45	449	1.67	-
Сталь вуглецева сірчиста А40Г	464	3.62	-
Сталі 10Г20Д, 15ГС, 14Г2, 14ХГС, 15ХСНД	429	1.52	-
Сталь 45Л	398	1.43	-
Кремениста сталь	589	3.82	-
Сталі 30ХМА, 36ХМФА, 30ГСА, 40ХНМА	1000	5.57	-
Хромансиль	1000	5.2	-
Хромомолібденова сталь	1000	5.4	-
Дуралюмін Д16Т	406	2.83	-
Дуралюмін Д16	300	1.43	-
Сосна, ялина	29.3	0.194	-
Чавун	779	12	53

Примітки :  $a \approx (1 \dots 1,4) \sigma_T$ ;

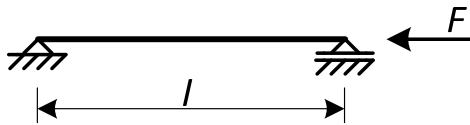
$$b = \frac{a - \sigma_{нц}}{\lambda_{2p}}.$$

Таблиця 12. Коефіцієнти повздовжнього згину центрально стиснутих елементів  $\varphi$  (збільшені в 1000 разів).

Гнучкість $\lambda = \frac{\mu l}{b}$	Значення $\varphi$ для								
	Сталей			Алюмінієвих сплавів				Чавуна	Дерева
	10, 15 20, 25	35	СПЯ	АМ1	АМ6	АВТ-1	Д16Т		
0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	990	980	970	973	973	996	999	970	990
20	960	950	950	945	946	992	998	910	970
30	940	920	910	917	890	900	835	810	930
40	920	890	870	870	770	780	700	690	870
50	890	860	830	770	640	660	568	570	800
60	860	820	790	685	542	557	455	440	710
70	810	760	720	603	458	463	353	340	600
80	750	700	650	530	387	387	269	260	480
90	690	620	550	465	322	312	212	200	380
100	600	510	430	415	280	252	172	160	310
110	520	430	350	365	243	210	142	-	250
120	450	360	300	327	213	175	119	-	220
130	400	330	260	296	183	159	101	-	180
140	360	290	230	265	162	129	87	-	160
150	320	260	210	235	148	113	76	-	140
160	290	240	190	-	-	-	-	-	120
170	260	210	170	-	-	-	-	-	110
180	230	190	150	-	-	-	-	-	100
190	210	170	140	-	-	-	-	-	90
200	190	160	130	-	-	-	-	-	80

Таблиця 13. Значення коефіцієнта стійкості  $\eta$  і коефіцієнта зведення довжини

$\mu$  для стержнів сталого перерізу ( $F_{кр} = \eta \frac{EJ_{\min}}{l^2}$ ).

Схема стержня і його навантаження	Коефіцієнт зведення довжини, $\mu$	Коефіцієнт стійкості, $\eta = \frac{\pi^2}{\mu^2}$
	1	9.87

Продовження таблиці 13

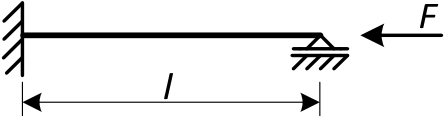
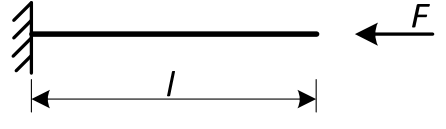
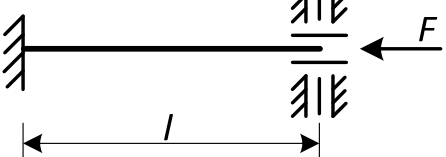
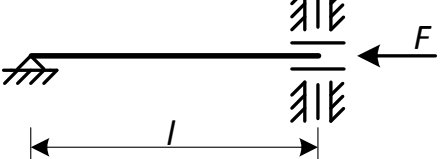
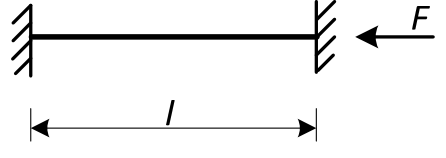
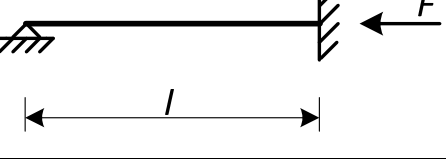
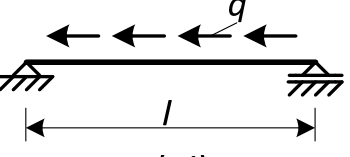
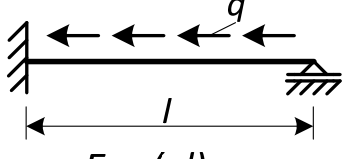
Схема стержня і його навантаження	Коефіцієнт зведення довжини, $\mu$	Коефіцієнт стійкості, $\eta = \frac{\pi^2}{\mu^2}$
	0.7	20.2
	2	2.467
	1	9.87
	2	2.467
	0.5	39.478
	0.7	20.2
 <p data-bbox="363 1668 523 1713"><math>F_{kp}=(ql)_{kp}</math></p>	0.725	18.76
 <p data-bbox="363 1944 523 1989"><math>F_{kp}=(ql)_{kp}</math></p>	0.434	52.5

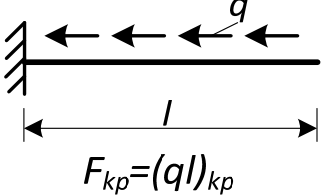
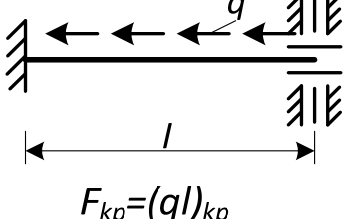
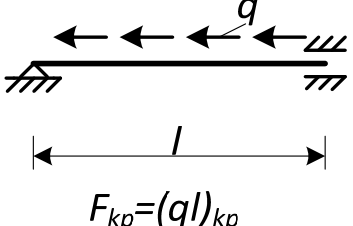
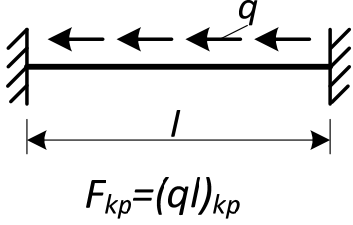
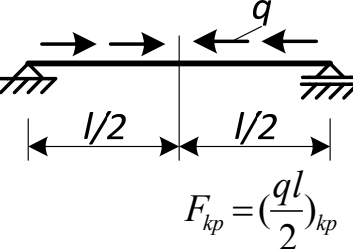
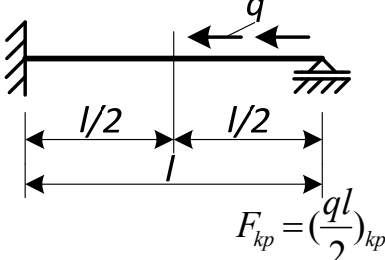
Схема стержня і його навантаження	Коефіцієнт зведення довжини, $\mu$	Коефіцієнт стійкості, $\eta = \frac{\pi^2}{\mu^2}$
	1.122	7.839
	0.723	18.9
	0.577	29.64
	0.366	73.65
	0.560	31.47
	1.486	4.47

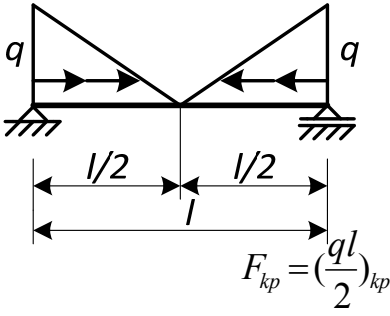
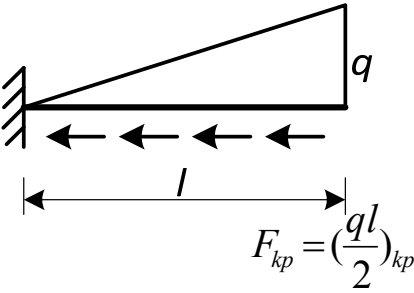
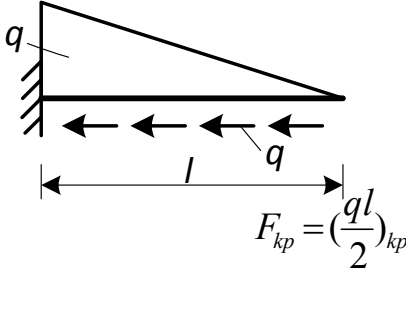
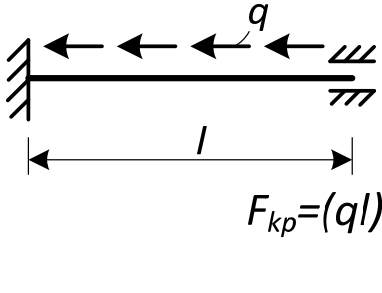
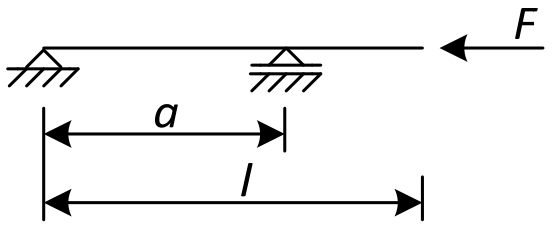
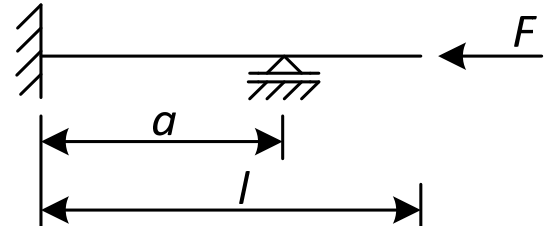
Схема стержня і його навантаження	Коефіцієнт зведення довжини, $\mu$	Коефіцієнт стійкості, $\eta = \frac{\pi^2}{\mu^2}$
 <p style="text-align: center;"><math>F_{kp} = \left(\frac{ql}{2}\right)_{kp}</math></p>	0.694	20.49
 <p style="text-align: center;"><math>F_{kp} = \left(\frac{ql}{2}\right)_{kp}</math></p>	1.388	5.123
 <p style="text-align: center;"><math>F_{kp} = \left(\frac{ql}{2}\right)_{kp}</math></p>	0.782	16.162
 <p style="text-align: center;"><math>F_{kp} = (ql)_{kp}</math></p>	0.366	73.6

Схема стержня і його навантаження	Коефіцієнт зведення довжини, $\mu$		Коефіцієнт стійкості, $\eta = \frac{\pi^2}{\mu^2}$	
	$a/l$	$\mu$	$a/l$	$\mu$
	0	2	0	2.467
	0.1	1.87	0.1	2.832
	0.2	1.73	0.2	3.283
	0.3	1.60	0.3	3.845
	0.4	1.47	0.4	4.551
	0.5	1.35	0.5	5.438
	0.6	1.23	0.6	6.511
	0.7	1.13	0.7	7.726
	0.8	1.06	0.8	8.874
	0.9	1.01	0.9	9.637
	0	2	0	2.467
	0.1	1.85	0.1	2.883
	0.2	1.7	0.2	3.414
	0.3	1.55	0.3	4.105
	0.4	1.4	0.4	5.021
	0.5	1.26	0.5	6.26
	0.6	1.11	0.6	7.99
	0.7	0.975	0.7	10.39
	0.8	0.852	0.8	13.59
	0.9	0.757	0.9	17.24

Таблиця 14. Коефіцієнти зведення  $K$  власної маси елемента конструкції до точки удару (в точці  $B$ )

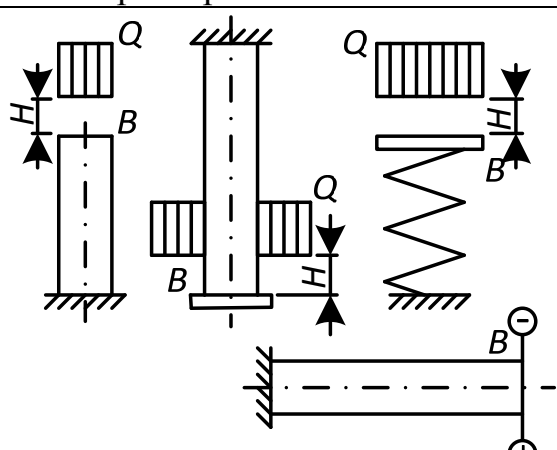
Схема конструктивного елемента, характер його навантаження	$K$
	$\frac{1}{3}$



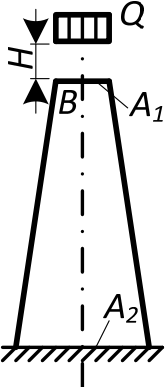
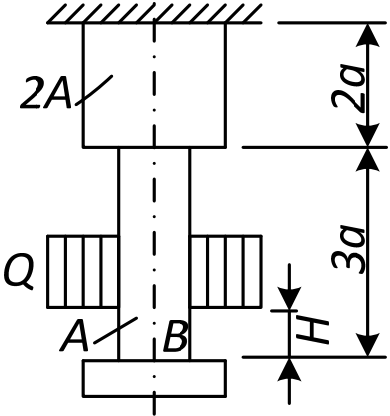
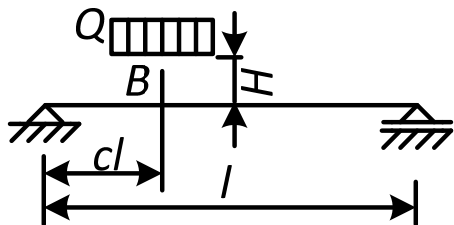
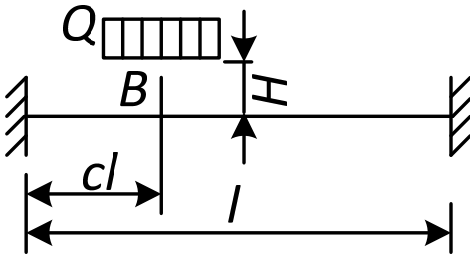
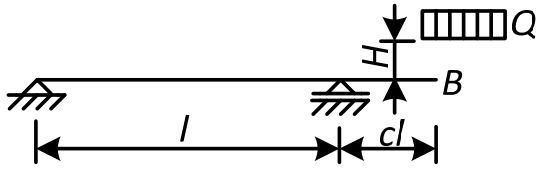
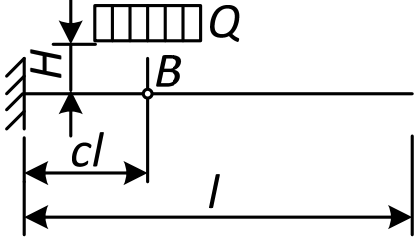
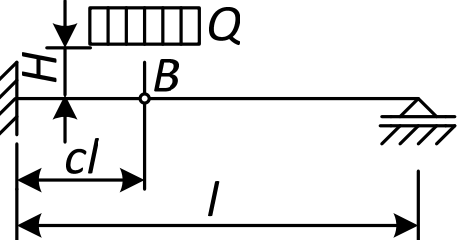
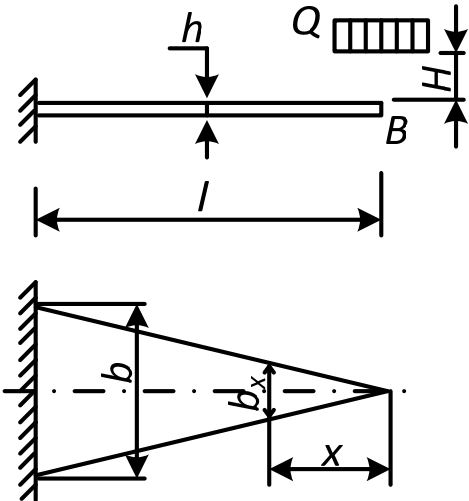
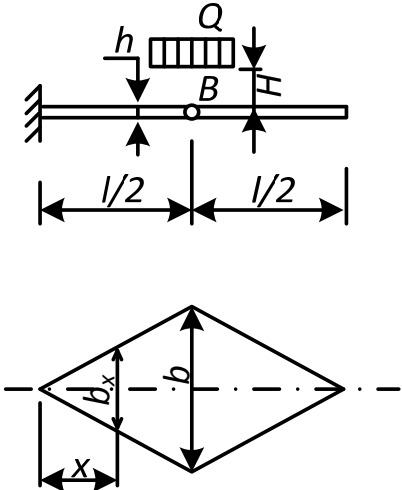
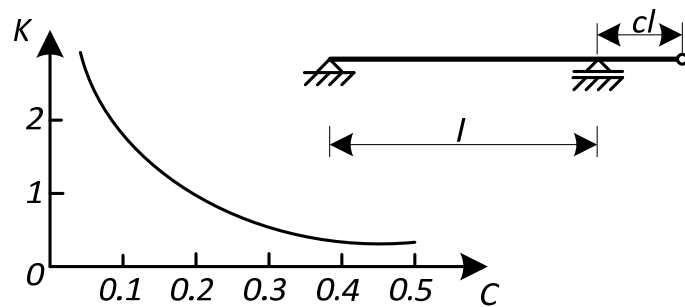
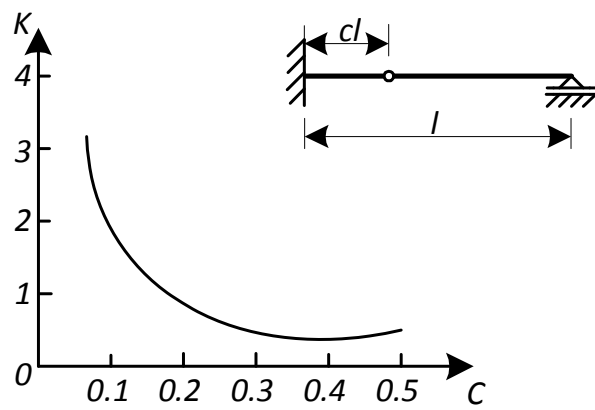
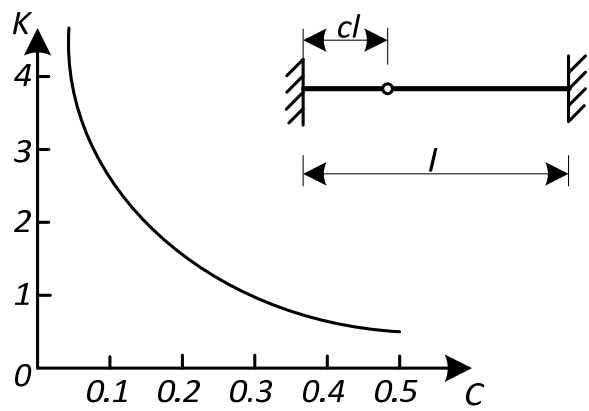
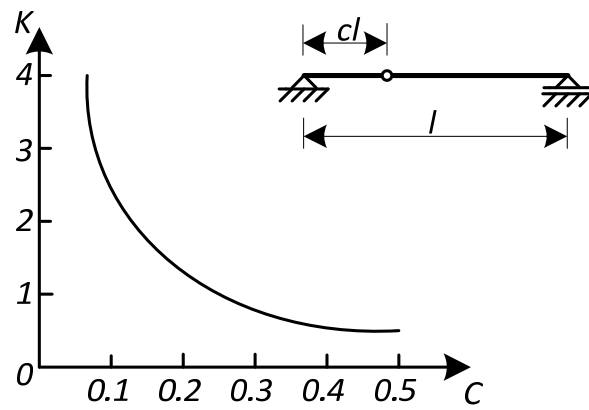
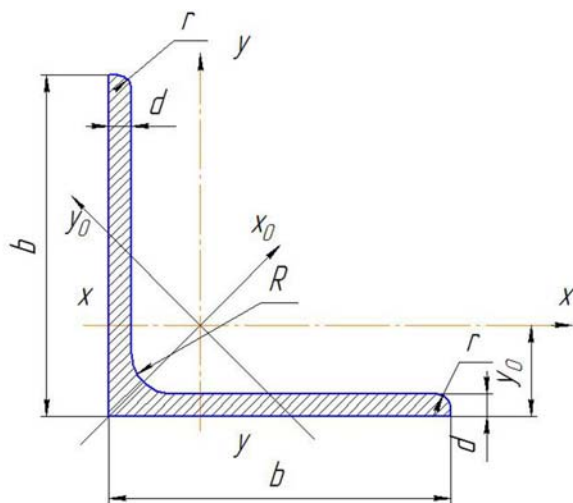
Схема конструктивного елемента, характер його навантаження	К
	$\frac{A_1}{A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}}$
	$\frac{67}{336}$
	$\frac{2 + 4c - c^2 - 6c^3 + 3c^4}{105c^2(1-c)^2}$ <p>при <math>c = 0.5</math>, <math>K = \frac{17}{35}</math></p>
	$\frac{24 - 24c - 4c^2 + 8c^3 - c^4}{35c^2(5c - 4 - c^2)^2}$
	$\frac{8 + c^3(140 + 231c + 99c^2)}{420(1+3)^3c^2}$

Схема конструктивного елемента, характер його навантаження	К
	$\frac{105 - 105c + 35c^2 - 2c^3}{140c^2}$ <p>при <math>c=1</math>, <math>K = \frac{33}{140}</math></p>
	$\frac{3 + c - c^2}{140c^2(1-c)^2}$
	$\frac{1}{15} \approx 0.067$
	$\frac{11}{15} \approx 0.73$

# Графіки коефіцієнтів зведення маси





Таблиця 15. Сталь прокатна. Кутники рівнобокі за ГОСТ 8509-72.

№ профілю	Розміри				Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей							
	В	d	R	r			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>	y <sub>0</sub>
							J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> max	i <sub>x0</sub> max	J <sub>y0</sub> min	i <sub>y0</sub> min		
мм					см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см
2	20	3	3.5	1.2	1.13	0.89	0.40	0.59	0.63	0.75	0.17	0.39	0.81	0.60
		4			1.46	1.15	0.50	0.58	0.78	0.73	0.22	0.38	1.09	0.64
2.5	25	3	3.5	1.2	1.43	1.12	0.81	0.75	1.29	0.95	0.34	0.49	1.57	0.73
		4			1.86	1.46	1.03	0.74	1.62	0.93	0.44	0.48	2.11	0.76
2.8	28	3	4	1.3	1.62	1.27	1.16	0.85	1.84	1.07	0.48	0.55	2.20	0.80
6.3	63	4	7	2.3	4.96	3.90	18.9	1.95	29.9	2.45	7.81	1.25	33.1	1.69
		5			6.13	4.81	23.1	1.94	36.6	2.44	9.52	1.25	41.5	1.74
		6			7.28	5.72	27.1	1.93	42.9	2.43	11.2	1.24	50.0	1.78
7	70	4.5	8	2.7	6.2	4.87	29.0	2.16	46.0	2.72	12.0	1.39	51.0	1.88
		5			6.86	5.38	31.9	2.16	50.7	2.72	13.2	1.39	56.7	1.90
		6			8.15	6.39	37.6	2.15	59.6	2.71	15.5	1.38	68.4	1.94
		7			9.42	7.39	43.0	2.14	68.2	2.69	17.8	1.37	80.1	1.99
		8			10.7	8.37	48.2	2.13	76.4	2.68	20.0	1.37	91.9	2.02

Продовження таблиці 15

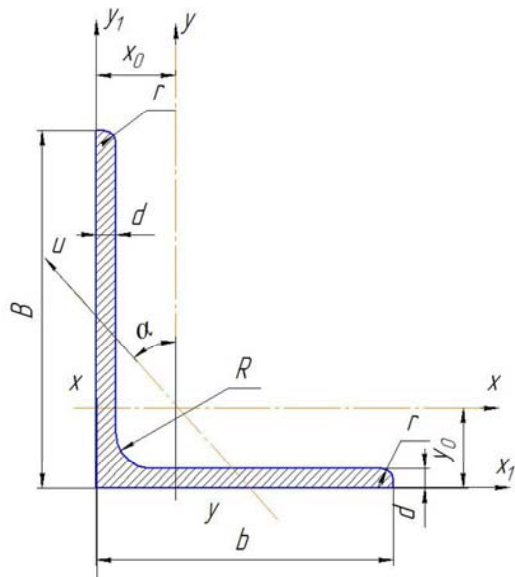
№ профілю	Розміри				Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей							
	В	d	R	r			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>	y <sub>0</sub>
							J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> max	i <sub>x0</sub> max	J <sub>y0</sub> min	i <sub>y0</sub> min	J <sub>x1</sub>	
мм					см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см
7.5	75	5	9	3	7.39	5.8	39.5	2.31	72.6	2.91	16.4	1.49	69.6	2.02
		6			8.78	6.89	46.6	2.30	73.9	2.90	19.3	1.48	83.9	2.06
		7			10.1	7.96	53.3	2.29	84.6	2.89	22.11	1.48	98.3	2.10
		8			11.5	9.02	59.8	2.28	94.9	2.87	24.8	1.47	113.0	2.15
		9			12.8	10.1	66.1	2.27	105.0	2.86	27.5	1.46	127.0	2.18
8	80	5.5	9	3	8.63	6.78	52.7	2.47	83.6	3.11	21.0	1.59	93.2	2.17
		6			9.38	7.36	57.0	2.47	90.4	3.11	23.5	1.58	102	2.19
		7			10.8	8.51	65.3	2.45	104	3.09	27.0	1.58	119	2.23
		8			12.3	9.65	73.4	2.44	111	3.08	30.3	1.57	137	2.27
9	90	6	10	3.3	10.6	8.33	82.1	2.78	130	3.50	34.0	1.79	145	2.43
		7			12.3	9.64	94.3	2.77	150	3.49	38.9	1.78	169	2.47
		8			13.9	10.9	106	2.76	168	3.48	43.8	1.77	194	2.51
		9			15.6	12.2	118	2.75	186	3.46	48.6	1.77	219	2.55
10	100	6.5	12	4	12.8	10.1	122	3.09	193	3.88	50.7	1.99	214	2.68
		7			13.8	10.8	131	3.08	207	3.88	54.2	1.98	231	2.71
		8			15.6	12.2	147	3.07	233	3.87	60.9	1.98	265	2.75
		10			19.2	15.1	179	3.05	284	3.84	74.1	1.96	333	2.83
		12			22.8	17.9	209	3.03	331	3.81	86.9	1.95	402	2.91
		14			26.3	20.6	237	3.00	375	3.78	99.3	1.94	472	2.99
		16			29.7	23.3	264	2.98	416	3.74	112	1.94	542	3.06
11	110	7	12	4	15.2	11.9	176	3.40	279	4.29	72.7	2.19	308	2.96
		8			17.0	3.5	198	3.39	315	4.28	81.8	2.18	353	3.00
12.5	125	8	14	4.6	19.7	15.5	294	3.87	467	4.87	122	2.49	516	3.36
		9			22.0	17.3	372	3.86	520	4.86	135	2.48	582	3.40
		10			24.3	19.1	360	3.85	571	4.84	149	2.47	649	3.45

Продовження таблиці 15

№ профілю	Розміри				Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей							
	В	d	R	r			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>	y <sub>0</sub>
							J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> max	i <sub>x0</sub> max	J <sub>y0</sub> min	i <sub>y0</sub> min	J <sub>x1</sub>	
мм					см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см
		12			28.9	22.7	422	3.82	670	4.82	174	2.46	782	3.53
		14			33.4	26.2	482	3.80	764	4.78	200	2.45	916	3.61
		16			37.8	29.6	539	3.78	853	4.75	224	2.44	1051	3.68
14	140	9	14	4.6	24.7	19.4	466	4.34	739	5.47	192	2.79	818	3.78
		10			27.3	21.5	512	4.33	814	5.46	211	2.78	911	3.82
		12			32.5	25.5	602	4.31	957	5.43	248	2.76	1097	3.90
16	160	10	16	5.3	31.4	24.7	774	4.96	1229	6.25	319	3.19	1356	4.30
		11			34.4	27.0	844	4.95	1341	6.24	348	3.18	1494	4.35
		12			37.4	29.4	913	4.94	1450	6.23	376	3.17	1633	4.39
		14			43.3	34.0	1046	4.92	1662	6.20	431	3.16	1911	4.47
		16			49.1	38.5	1175	4.89	1866	6.17	485	3.14	2111	4.55
		18			54.8	43.0	1299	4.87	2061	6.13	537	3.13	2472	4.63
		20			60.4	47.4	1419	4.85	2248	6.10	589	3.12	2756	4.70
18	180	11	16	5.3	38.8	30.5	1216	5.60	1933	7.06	500	3.59	2128	4.85
		12			42.2	33.1	1317	5.59	2093	7.04	540	3.58	2324	4.89
20	200	12	18	6	47.1	37.0	1823	6.22	2896	7.84	749	3.99	3182	5.37
		13			40.9	39.9	1961	6.21	3116	7.83	805	3.98	3452	5.42
		14			54.6	42.8	2097	6.20	3333	7.81	861	3.97	3722	5.46
		16			62.0	48.7	2363	6.17	3755	7.78	970	3.96	4264	5.54
		20			76.5	60.1	2871	6.12	4560	7.72	1182	3.93	5355	5.70
		25			94.3	74.0	3466	6.06	5494	7.63	1438	3.91	6733	5.89
		30			111.5	87.6	4020	6.00	6351	7.55	1688	3.89	8130	6.07
22	220	14	21	7	60.4	47.4	2814	6.83	4470	8.60	1159	4.38	4941	5.93
		16			68.6	53.8	3175	6.81	4045	8.58	1306	4.36	5661	6.02
25	250	16	24	8	78.4	61.5	4717	7.76	7492	9.78	1942	4.98	8286	6.75
		18			87.7	68.9	5247	7.73	8337	9.75	2158	4.96	9342	6.83

Продовження таблиці 15

№ профілю	Розміри				Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей							
	В	d	R	r			x-x		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>	y <sub>0</sub>
							J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>x0</sub> max	i <sub>x0</sub> max	J <sub>y0</sub> min	i <sub>y0</sub> min	J <sub>x1</sub>	
мм					см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см
		20			97.0	76.1	5765	7.71	9160	9.72	3270	4.94	10401	6.91
		22			106.1	83.3	6270	7.69	9961	9.69	2579	4.93	11464	7.00
		25			119.7	94.0	7006	7.65	11125	9.64	2887	4.91	13064	7.11
		28			133.1	104.5	7717	7.61	12244	9.59	3190	4.89	14674	7.23
		30			142.0	111.4	8177	7.59	12965	9.56	3389	4.89	15753	7.31
3.2	32	3	5	1.5	1.86	1.46	1.77	0.97	2.80	1.23	0.74	0.63	3.26	0.89
		4			2.43	1.91	2.26	0.96	3.58	1.21	0.94	0.62	4.39	0.94
3.6	36	3	4.5	1.5	2.10	1.65	2.56	1.10	4.06	1.39	1.06	0.71	4.64	0.99
		4			2.75	2.16	3.29	1.09	5.21	1.38	1.36	0.70	6.24	1.04
4.0	40	3	5	1.7	2.35	1.85	3.55	1.23	5.63	1.55	1.47	0.79	6.35	1.09
		4			3.60	2.42	4.58	1.22	7.26	1.53	1.90	0.78	8.53	1.13
		5			3.79	2.97	5.53	1.20	8.75	1.54	2.30	0.79	10.73	1.17
4.5	45	3	5	1.7	2.65	2.08	5.13	1.39	8.13	1.75	2.12	0.89	9.04	1.21
		4			3.48	2.73	6.63	1.38	10.5	1.74	2.74	0.89	12.1	1.26
		5			4.29	3.37	8.03	1.37	12.7	1.72	3.33	0.88	15.3	1.30
5.0	50	3	5.5	1.8	2.96	2.32	7.1	1.55	11.3	1.95	2.95	1.00	12.4	1.33
		4			3.89	3.05	9.21	1.54	14.6	1.94	3.80	0.99	16.6	1.38
		5			4.80	3.77	11.2	1.53	17.8	1.92	4.63	0.98	20.9	1.42
5.6	56	4	6	2	4.38	3.44	13.1	1.73	20.8	2.18	5.41	1.11	23.3	1.52
		5			5.41	4.25	16.0	1.72	25.4	2.16	6.59	1.10	29.2	1.57



Таблиця 16. Сталь прокатна. Кутники нерівнобічні за ГОСТ 8510-72.

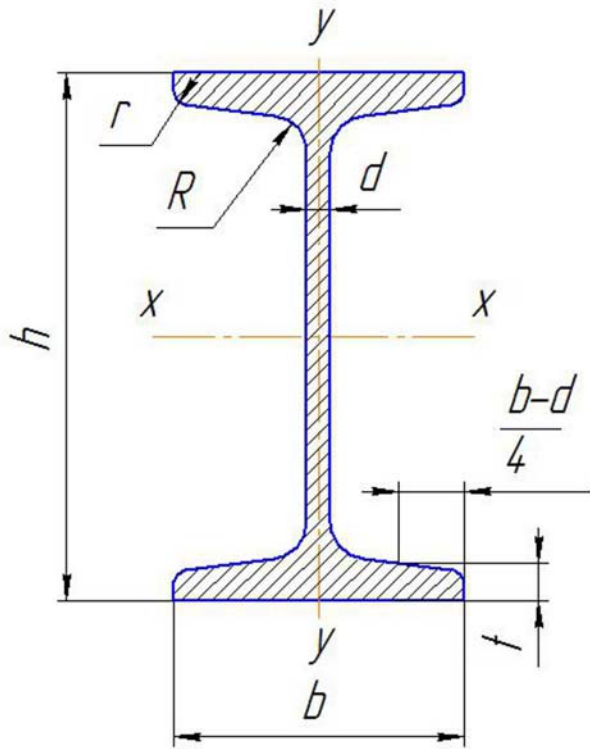
№ профілю	Розміри					Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей										Кут нахилу осі (tg α)
	B	b	d	R	r			x-x		y-y		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>		y <sub>1</sub> -y <sub>1</sub>		u-u		
								J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Відстань від д. в. у <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub>	Відстань від д. в. x <sub>0</sub>	J <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	
								см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	
мм					см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см				
2.5/1.6	25	16	3	3.5	1.2	1.16	0.91	0.70	0.76	0.22	0.44	0.22	0.86	0.43	0.42	0.13	0.34	0.392
3.2/2	32	20	3	3.5	1.2	1.49	1.17	1.52	1.01	0.46	0.55	3.26	1.08	0.82	0.49	0.28	0.43	0.393
			4			1.94	1.53	1.93	1.00	0.57	0.54	4.38	1.12	1.12	0.53	0.35	0.43	0.374
4/2.8	40	25	3	4.0	1.3	1.89	1.48	3.06	1.27	0.93	0.70	6.37	1.32	1.58	0.59	0.56	0.54	0.385
			4			2.47	1.94	3.93	1.26	1.18	0.69	8.53	1.37	2.15	0.63	0.71	0.54	0.381
4.5/2.8	45	28	3	5	1.7	2.14	1.68	4.41	1.43	1.32	0.79	9.02	1.47	2.20	0.64	0.79	0.61	0.382
			4			2.80	2.20	5.68	1.42	1.69	0.78	12.1	1.51	2.98	0.68	1.02	0.60	0.379
5/3.2	50	32	3	5.5	1.8	2.42	1.90	6.17	1.60	1.99	0.91	12.4	1.60	3.26	0.72	1.18	0.70	0.403
			4			3.17	2.49	7.98	1.59	1.56	0.90	16.6	1.65	4.42	0.76	1.52	0.69	0.401
5.6/3.6	56	36	4	6.0	2.0	3.58	2.81	11.4	1.78	3.70	1.02	23.2	1.82	6.25	0.84	2.19	0.78	0.406
			5			4.41	3.46	13.8	1.77	4.48	1.01	29.2	1.86	7.91	0.88	2.66	0.78	0.404



№ профілю	Розміри					Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей										Кут нахилу осі (tg α )
	B	b	d	R	r			x-x		y-y		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>		y <sub>1</sub> -y <sub>1</sub>		u-u		
								J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Відстань від д. в. у <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub>	Відстань від д. в. x <sub>0</sub>	J <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	
	мм							см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	
6.3/4.0	63	40	4	7.0	2.3	4.04	3.17	16.3	2.01	5.16	1.13	33.0	2.03	8.51	0.91	3.07	0.87	0.397
			5			4.98	3.91	19.9	2.00	6.26	1.12	41.4	2.08	10.8	0.95	3.73	0.86	0.393
			6			5.90	4.63	23.3	1.99	7.28	1.11	49.9	2.12	13.1	0.99	4.36	0.86	0.393
			8			7.68	6.03	29.6	1.96	9.15	1.09	66.9	2.20	17.9	1.07	5.58	0.85	0.386
7/4.5	70	45	5	7.5	2.5	5.59	4.3	27.8	2.23	9.05	1.27	56.7	2.28	15.2	1.05	5.34	0.98	0.406
7.5/5	75	50	5	8	2.7	6.11	4.79	34.8	2.39	12.5	1.43	69.7	2.39	20.8	1.17	7.24	1.09	0.436
			6			7.25	5.69	40.9	2.38	14.6	1.42	83.9	2.44	25.2	1.21	8.47	1.08	0.435
			8			9.47	7.43	52.4	2.35	18.5	1.40	112	2.52	34.2	1.29	10.9	1.07	0.430
8/5	80	50	5	8	2.7	6.36	4.99	41.6	2.56	12.7	1.41	84.6	2.60	20.8	1.13	7.58	1.09	0.387
			6			7.55	5.92	49.0	2.55	14.8	1.40	102	2.65	25.2	1.17	8.88	1.08	0.386
9/5.6	90	56	5.5	9	3	7.86	6.17	65.3	2.88	19.7	1.58	132	2.92	32.2	1.26	11.8	1.22	0.384
			6			8.54	6.70	70.6	2.88	21.2	1.58	145	2.95	35.2	1.28	12.7	1.22	0.384
			8			11.18	8.77	90.9	2.85	27.1	1.56	194	3.04	47.8	1.36	16.3	1.21	0.380
10 / 6.3	100	68	6	10	3.3	9.59	7.53	98.3	3.20	30.6	1.79	198	3.23	49.9	1.42	18.2	1.38	0.393
			7			11.1	8.70	113	3.19	35.0	1.78	232	3.28	58.7	1.46	20.8	1.37	0.392
			8			12.6	9.87	127	3.18	39.2	1.77	266	3.32	67.6	1.50	23.4	1.36	0.391
			10			15.5	12.1	154	3.15	47.1	1.75	333	3.40	85.8	1.58	28.3	1.35	0.387
11/7	110	70	6.5	10	3.3	11.4	8.98	142	3.53	45.6	2	286	3.55	74.3	1.58	26.9	1.53	0.402
			8			13.9	10.9	172	3.51	54.6	1.98	353	3.61	92.3	1.64	32.3	1.52	0.400
12.5/8	125	80	7	11	3.7	14.1	11	227	4.01	73.7	2.29	452	4.01	119	1.8	43.4	1.76	0.407
			8			16	12.5	256	4	83.0	2.28	518	4.05	137	1.84	48.8	1.75	0.406
			10			19.7	15.5	312	3.98	100	2.26	649	4.14	173	1.92	59.3	1.74	0.404
			12			23.4	18.3	365	3.95	117	2.24	781	4.22	210	2.00	69.5	1.72	0.400
14/9	140	90	8	12	4	18	14.1	364	4.49	120	2.58	727	4.49	194	2.03	70.3	1.98	0.411
			10			22.2	17.5	444	4.47	146	2.56	911	4.58	245	2.12	85.5	1.96	0.409
16/10	160	100	9	13	4.3	22.9	18	606	5.15	186	2.85	1221	5.19	300	2.23	110	2.2	0.391
			10			25.3	19.8	667	5.13	204	2.84	1359	5.23	335	2.28	121	2.19	0.390
			12			30	23.6	784	5.11	239	2.82	1634	5.32	405	2.36	142	2.18	0.388

Продовження таблиці 16

№ профілю	Розміри					Площа перерізу А	Маса 1 пог. м.	Довідкові величини для осей										Кут нахилу осі (tg α )
	В	b	d	R	r			x-x		y-y		x <sub>1</sub> -x <sub>1</sub>		y <sub>1</sub> -y <sub>1</sub>		u-u		
								J <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	J <sub>x1</sub>	Відстань від д. в. y <sub>0</sub>	J <sub>y1</sub>	Відстань від д. в. x <sub>0</sub>	J <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	
	мм							см <sup>2</sup>	кг	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	см <sup>4</sup>	см	
			14			34.7	27.3	897	5.08	272	2.80	1910	5.40	477	2.43	162	2.16	0.385
18/11	18 0	11 0	10	14	4.7	28.3	22.2	952	5.8	276	3.12	1933	5.88	444	2.44	165	2.42	0.375
			12			33.7	26.4	1123	5.77	324	3.1	2324	5.97	537	2.52	194	2.40	0.374
20/12.5	20 0	12 5	11	14	4.6	34.9	27.4	1449	6.45	446	3.58	2920	6.5	718	2.79	264	2.75	0.392
			12			37.9	29.7	1568	6.43	482	3.57	3189	6.54	786	2.83	285	2.74	0.392
			14			43.9	34.4	1801	6.41	551	3.54	3726	6.62	922	2.91	327	2.73	0.390
			16			49.8	39.1	2026	6.38	617	3.52	4264	6.71	1061	2.99	367	2.72	0.388
25/16	25 0	16 9	12	18	6.0	48.3	37.9	3147	8.07	1032	4.62	6212	7.97	1634	3.53	604	3.54	0.410
			16			63.6	49.9	4091	8.02	1333	4.58	8308	8.14	2200	3.69	781	3.50	0.408
			18			71.1	55.8	4545	7.99	1475	4.56	9358	8.23	2487	3.77	866	3.49	0.407
			20			78.5	61.7	4987	7.97	1613	4.53	10410	8.31	2776	3.85	949	3.48	0.405

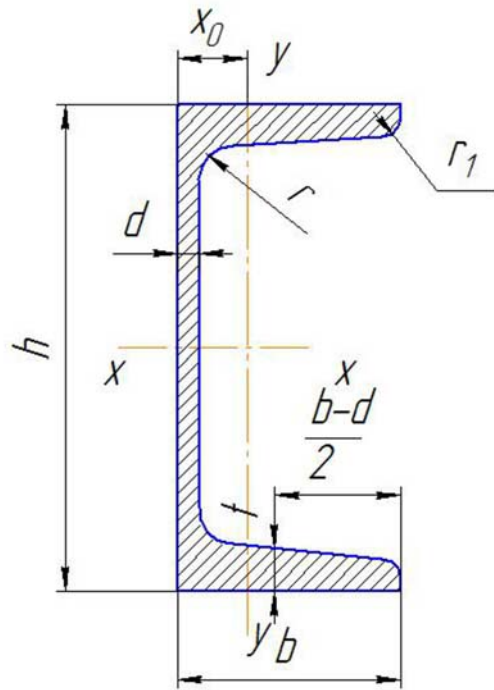


Таблиця 17. Сталь прокатна. Балки двотаврові за ГОСТ 8239-72.

№ профілю	Маса пог. м  кг	Розміри						Площа перерізу  А  см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей						
		h	b	d	t	R	r		x-x				y-y		
									J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>
									см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см <sup>3</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см
мм						см <sup>2</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см <sup>3</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см		
10	9.46	100	55	4.5	7.3	7.0	2.5	12.0	189	39.7	4.06	23.0	17.9	6.49	1.22
12	11.5	120	64	4.8	7.3	7.5	3.0	14.7	350	58.4	4.88	33.7	27.9	8.72	1.38
14	13.7	140	73	4.9	7.5	8.0	3.0	17.4	572	81.7	5.73	46.8	41.9	11.5	1.55
16	15.9	160	81	5.0	7.8	8.5	3.5	20.2	873	109	6.57	62.3	58.6	14.5	1.70
18	18.4	180	90	5.1	8.1	9.0	3.5	23.4	1290	143	7.42	81.4	82.6	18.4	1.88
18a	19.9	180	100	5.1	8.3	9.0	3.5	25.4	1430	159	7.51	89.8	114	22.8	2.12

Продовження таблиці 17

№ профілю	Маса пог. м	Розміри						Площа перерізу	Довідкові величини для осей						
		h	b	d	t	R	r		x-x				y-y		
	кг	мм						А	J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>
		см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см <sup>3</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>		см						
20	21.0	200	100	5.2	8.4	9.5	4.0	26.8	1840	184	8.28	104	115	23.1	2.07
20a	22.7	200	110	5.2	8.6	9.5	4.0	28.9	2030	203	8.37	114	155	28.2	2.32
22	24	220	110	5.4	8.7	10.0	4.0	30.6	2550	232	9.13	131	157	28.6	2.27
22a	25.8	220	120	5.4	8.9	10.0	4.0	32.8	2790	254	9.22	143	206	34.3	2.50
24	27.3	240	115	5.6	9.5	10.5	4.0	34.8	3460	289	9.97	163	198	34.5	2.37
24a	29.4	240	125	5.6	9.8	10.5	4.0	37.5	3800	317	10.1	178	260	41.6	2.63
27	31.5	270	125	6.0	9.8	11.0	4.5	40.2	5010	371	11.2	210	260	41.5	2.54
27a	33.9	270	135	6.0	10.2	11.0	4.5	43.2	5500	407	11.3	229	337	50.0	2.80
30	36.5	300	135	6.5	10.2	12.0	5.0	46.5	7080	472	12.3	268	337	49.9	2.69
30a	39.2	300	145	6.5	10.7	12.0	5.0	49.9	7780	518	12.5	292	436	60.1	2.95
33	42.2	330	140	7.0	11.2	13.0	5.0	53.8	9840	597	13.5	339	419	59.9	2.79
36	48.6	360	145	7.5	12.3	14.0	6.0	61.0	13380	733	14.7	423	516	71.1	2.89
40	57.0	400	155	8.3	13.0	15.0	6.0	72.6	19062	953	16.2	525	667	86.1	3.03
45	66.5	450	160	9.0	14.2	16.0	7.0	84.7	27696	1231	18.1	708	808	101	3.00
50	78.5	500	170	10.0	15.2	17.0	7.0	100.1	39727	1589	19.9	919	1034	123	3.23
55	92.6	550	180	11.6	16.5	18.0	7.0	118	55962	2035	21.8	1181	1356	151	3.99
60	104.0	600	190	12.0	17.8	20.0	8.0	138	76806	2560	23.6	1491	1725	182	3.54

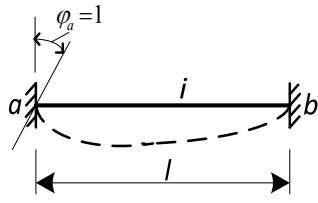
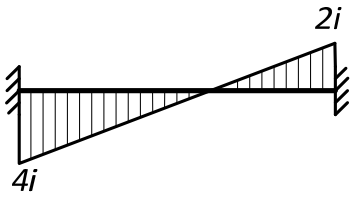
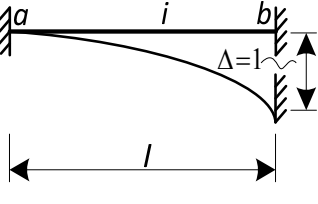
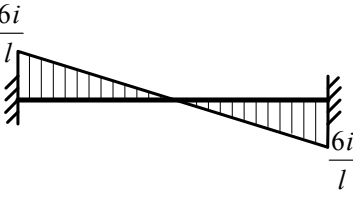
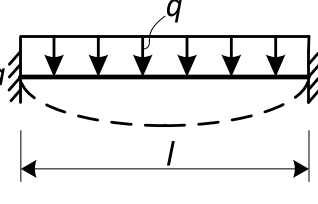
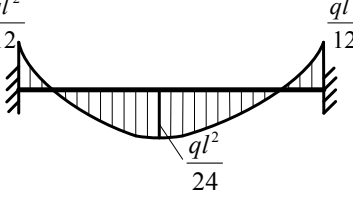
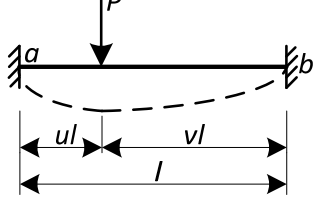
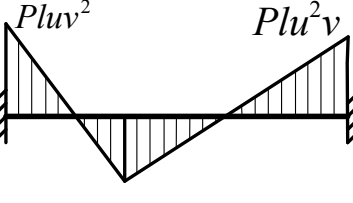
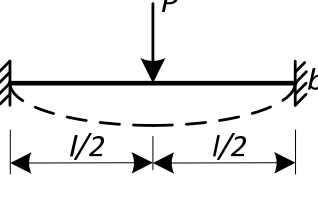
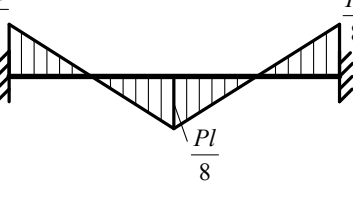
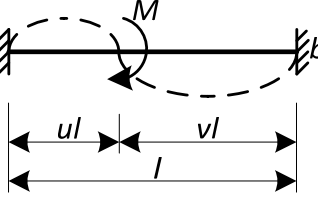
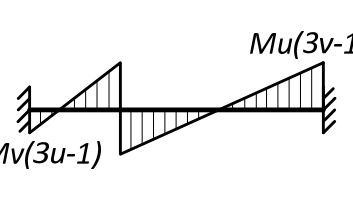


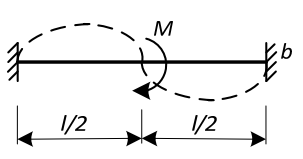
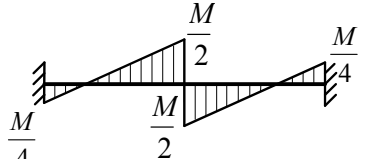
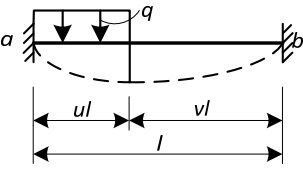
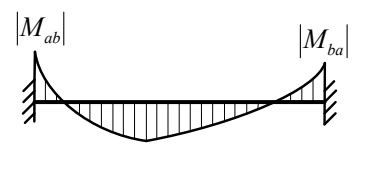
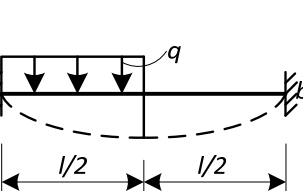
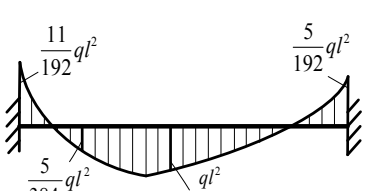
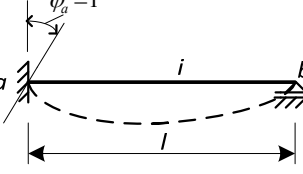
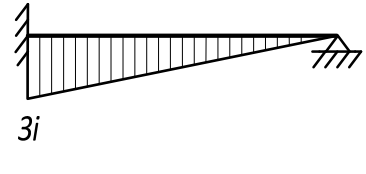
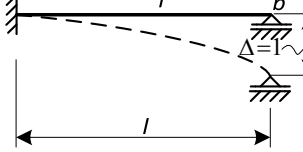

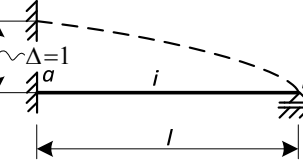
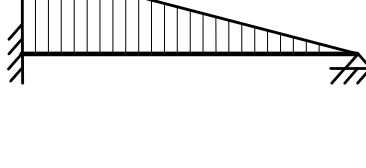
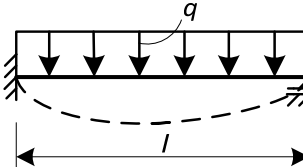
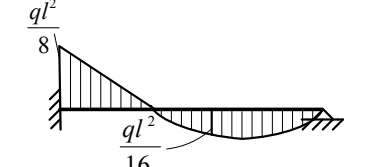
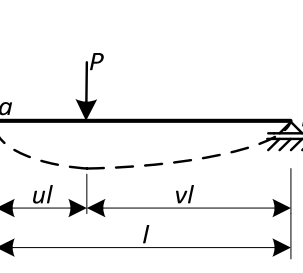
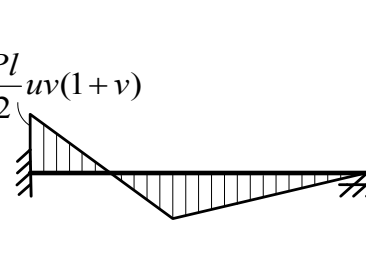
Таблиця 18. Сталь прокатна. Швелери за ГОСТ 8240-72.

№ профілю	Маса пог. м  кг	Розміри						Площа перерізу  А  см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей							
		h	b	d	t	r	r <sub>1</sub>		x-x				y-y			
									J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	X <sub>0</sub>
мм						см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см <sup>3</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см			
5	4.84	50	32	4.4	7.0	6.0	2.5	6.16	22.8	9.10	1.92	5.59	5.61	2.75	0.954	1.16
6.5	5.90	65	36	4.4	7.2	6.0	2.5	7.51	48.6	15.0	2.54	9.00	8.70	3.68	1.08	1.24
8	7.05	80	40	4.5	7.4	6.5	2.5	8.98	89.4	22.4	3.16	13.3	12.8	4.75	1.19	1.31
10	8.59	100	46	4.5	7.6	7.0	3.0	10.9	174	34.8	3.99	20.4	20.4	6.46	1.37	1.44
12	10.4	120	52	4.8	7.8	7.0	3.0	13.3	304	50.6	4.78	29.6	31.2	8.52	1.53	1.54

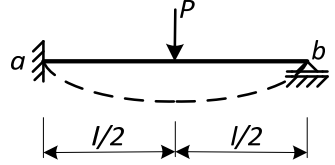
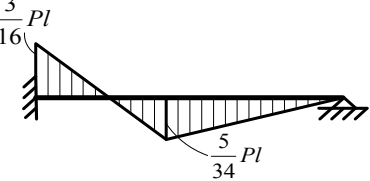
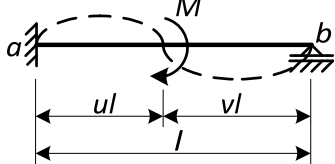
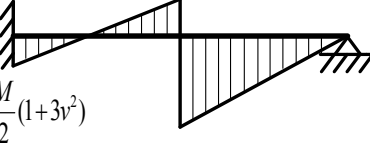
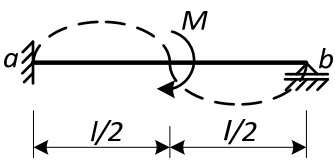
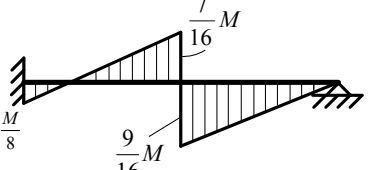
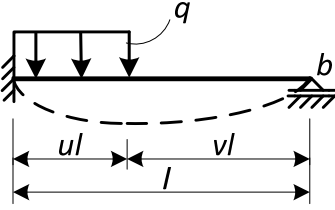
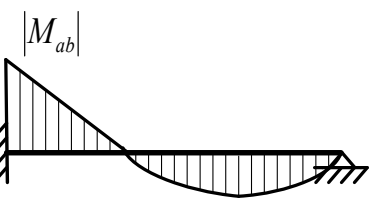
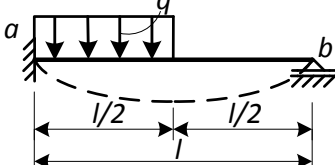
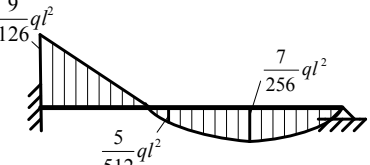
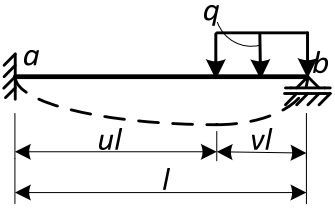
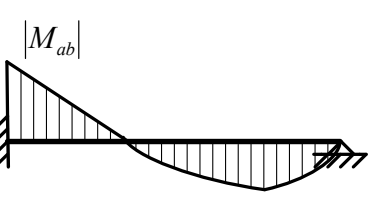
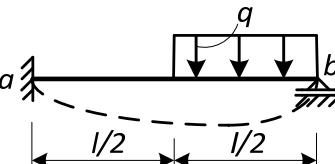
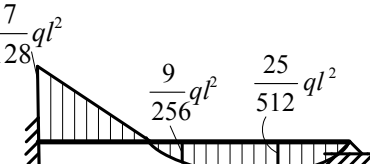
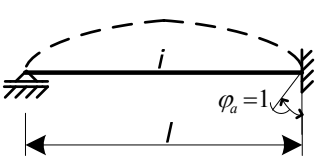
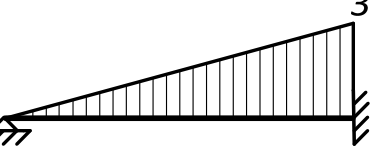
№ профілю	Маса пог. м	Розміри						Площа перерізу	Довідкові величини для осей							
		h	b	d	t	r	r <sub>1</sub>		А	x-x				y-y		
	J <sub>x</sub>							W <sub>x</sub>		i <sub>v</sub>	S <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>v</sub>	X <sub>o</sub>	
	кг	мм						см <sup>2</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см <sup>3</sup>	см <sup>4</sup>	см <sup>3</sup>	см	см
14	12.3	140	58	4.9	8.1	8.0	3.0	15.6	491	70.2	5.60	40.8	45.4	11.0	1.70	1.67
14a	13.3	140	62	4.9	8.7	8.0	3.0	17.0	545	77.8	5.66	45.1	57.5	13.3	1.84	1.87
16	14.2	160	64	5.0	8.4	8.5	3.5	18.1	747	93.4	6.42	54.1	63.3	13.8	1.87	1.80
16a	15.3	160	68	5.0	9.0	8.5	3.5	19.5	823	103	6.49	69.4	78.8	16.4	2.01	2.00
18	16.3	180	70	5.1	8.7	9.0	3.5	20.7	1090	121	7.24	69.8	86.0	17.0	2.04	1.94
18a	17.4	180	74	5.1	9.3	9.0	3.5	22.2	1190	132	7.32	76.1	105	20.0	2.18	2.13
20	18.4	200	76	5.2	9.0	9.5	4.0	23.4	1520	152	8.07	87.8	113	20.5	2.20	2.07
20a	19.8	200	80	5.2	9.7	9.5	4.0	25.2	1670	167	8.15	95.9	139	24.2	2.35	2.28
22	21.0	220	82	5.4	9.5	10.0	4.0	36.8	2110	192	8.89	110	151	25.1	2.37	2.21
22a	22.6	220	87	5.4	10.2	10.0	4.0	28.8	2330	212	8.99	121	187	30.0	2.55	2.46
24	24.0	240	90	5.6	10.0	10.5	4.0	30.0	2900	242	9.73	139	208	31.6	2.60	2.42
24a	25.8	240	95	5.6	10.7	10.5	4.0	32.9	3180	265	9.84	151	254	37.2	2.78	2.67
27	26.7	270	95	6.0	10.5	11.0	4.5	35.2	4160	308	10.9	178	262	37.3	2.73	2.47
30	31.8	300	100	6.5	11.0	12.0	5.0	40.5	5810	387	12.0	224	327	43.6	2.84	2.52
33	36.5	330	105	7.0	11.7	13.0	5.0	46.5	7980	484	13.1	281	410	51.8	2.97	2.59
36	41.9	360	110	7.5	12.6	14.0	6.0	53.4	10820	601	14.2	350	513	61.7	3.10	2.68
40	48.3	400	115	8.0	13.5	15.0	6.0	61.5	15220	761	15.7	444	642	73.4	3.23	2.75

Таблиця 19. Опорні моменти в однопрольотних статично невизначених балках

1		$M_{ab} = 4i - M_{ba} = 2i$ $Q_{ab} = Q_{ba} = -\frac{6i}{l}$	
2		$M_{ab} = M_{ba} = -\frac{6i}{l}$ $Q_{ab} = Q_{ba} = \frac{12i}{l^2}$	
3		$M'_{ab} = -M'_{ba} = -\frac{ql^2}{12}$ $Q_{ab} = -Q_{ba} = -\frac{ql}{2}$	
4		$M'_{ab} = -Pluv^2$ $M'_{ba} = Plu^2v$ $Q'_{ab} = Pv^2(1+2u)$ $Q'_{ba} = -Pu^2(1+2v)$	
4a		$M'_{ab} = -M'_{ba} = -\frac{Pl}{8}$ $Q'_{ab} = -Q'_{ba} = \frac{P}{2}$	
5		$M'_{ab} = Mv(3u-1)$ $M'_{ba} = Mu(3v-1)$ $Q'_{ab} = Q'_{ba} = -\frac{6M}{l}uv$	

5a		$M'_{ab} = M'_{ba} = \frac{M}{4}$ $Q'_{ab} = Q'_{ba} = -\frac{1.5M}{l}$	
6		$M'_{ab} = -\frac{ql^2}{6}u^2(3-4u+1.5u^2)$ $M'_{ba} = -\frac{ql^2}{6}u^3(2-1.5u)$	
6a		$M'_{ab} = -\frac{11}{192}ql^2$ $M'_{ba} = \frac{5}{192}ql^2$ $Q'_{ab} = \frac{13}{32}ql \quad Q'_{ba} = -\frac{3}{32}ql$	
7		$M_{ab} = 3i \quad M_{ba} = 0$ $Q_{ab} = Q_{ba} = -\frac{3i}{l}$	
8a		$M_{ab} = -\frac{3i}{l}$ $M_{ba} = 0$	
8b		$Q_{ab} = Q_{ba} = \frac{3i}{l^2}$	
9		$M''_{ab} = -\frac{ql^2}{8} \quad M''_{ba} = 0$ $Q''_{ab} = \frac{5}{8}ql \quad Q''_{ba} = -\frac{3}{8}ql$	
10		$M''_{ab} = -\frac{Pl}{2}uv(1+v)$ $M''_{ba} = 0$ $Q''_{ab} = -\frac{Pv}{2}(3+v^2)$ $Q''_{ba} = -\frac{Pu^2}{2}(3-u)$	

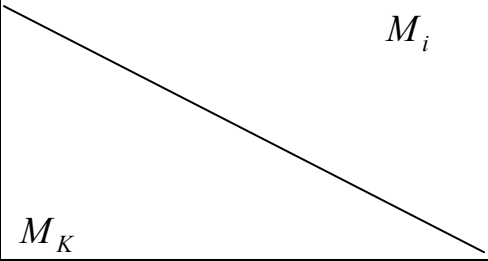
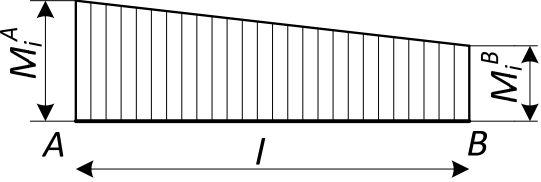
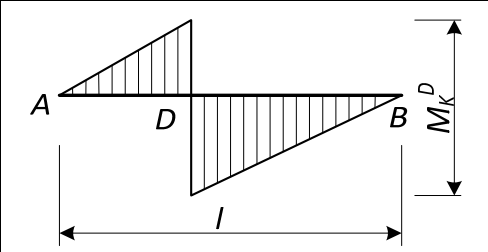
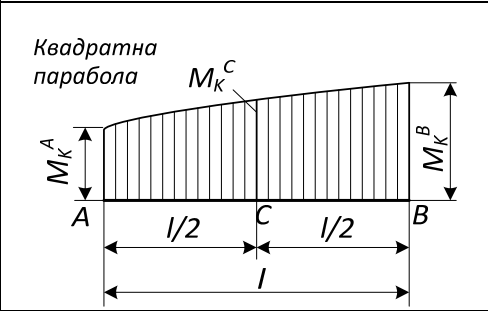
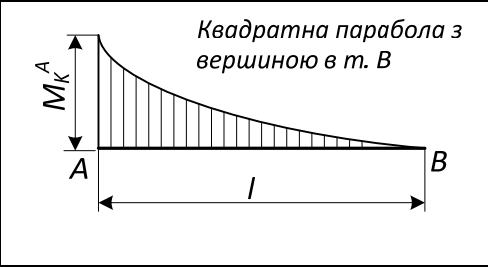
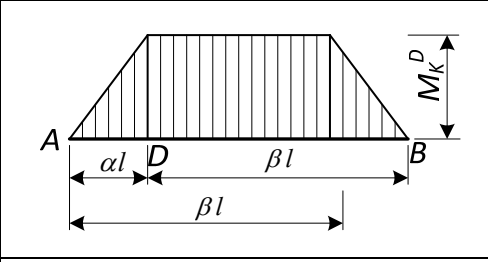
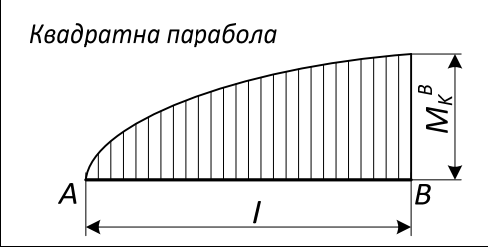
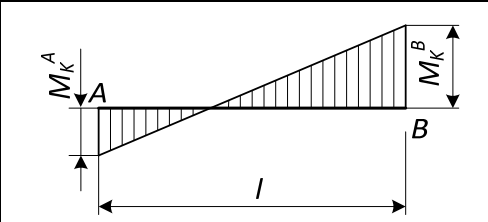


10a		$M_{ab}'' = -\frac{3}{16}Pl \quad M_{ba}'' = 0$ $Q_{ab}'' = \frac{11}{16}P \quad Q_{ba}'' = -\frac{5}{16}P$	
11		$M_{ab}'' = \frac{M}{2}(1-3v^2) \quad M_{ba}'' = 0$ $Q_{ab}'' = Q_{ba}'' = -\frac{1.5M}{l}(1-v^2)$	
11a		$M_{ab}'' = \frac{M}{8} \quad M_{ba}'' = 0$ $Q_{ab}'' = Q_{ba}'' = -\frac{9}{8}M$	
12		$M_{ab}'' = \frac{ql^2}{8}u^2(2-u)^2 \quad M_{ba}'' = 0$ $Q_{ab}'' = \frac{ql}{8}[8u-u^3(3+v)]$ $Q_{ba}'' = -\frac{ql}{8}u^3(3+v)$	
12a		$M_{ab}'' = -\frac{9}{128}ql^2 \quad M_{ba}'' = 0$ $Q_{ab}'' = \frac{57}{128}ql \quad Q_{ba}'' = -\frac{7}{128}ql$	
13		$M_{ab}'' = -\frac{ql^2}{8}v^2(2-v^2)$ $Q_{ab}'' = \frac{ql}{8}v^2(6-v^2)$ $Q_{ba}'' = -\frac{ql}{8}[8-v(6-v^2)]$	
13a		$M_{ab}'' = -\frac{7}{28}ql^2 \quad M_{ba}'' = 0$ $Q_{ab}'' = \frac{23}{128}ql \quad Q_{ba}'' = -\frac{41}{128}ql$	
14		$M_{ab} = 0 \quad M_{ba} = 3i$ $Q_{ab} = Q_{ba} = -\frac{3i}{l}$	

15a		$M_{ab} = 0$ $M_{ba} = -\frac{3i}{l}$	
15b		$Q_{ab} = Q_{ba} = \frac{3i}{l^2}$	
16		$M_{ab}'' = 0 \quad M_{ba}'' = \frac{ql^2}{8}$ $Q_{ab}'' = \frac{3}{8}ql \quad Q_{ba}'' = -\frac{5}{8}ql$	
17		$M_{ab}'' = 0 \quad M_{ba}'' = \frac{Pl}{2}uv(1+u)$ $Q_{ab}'' = \frac{Pv^2}{2}(3-v)$ $Q_{ba}'' = -\frac{Pu}{2}(3-u^2)$	
18		$M_{ab}'' = 0 \quad M_{ba}'' = \frac{M}{2}(1-3u^2)$ $Q_{ab}'' = Q_{ba}'' = -\frac{1.5M}{2}(1-u^2)$	
19		$M_{ab} = -M_{ba} = 2i$ $Q_{ab} = Q_{ba} = 0$	
20		$M_{ab} = M_{ba} = 6i$ $Q_{ab} = Q_{ba} = -\frac{12i}{l}$	
21		$M_{ab}' = M_{ba}' = -\frac{ql^2}{32}$ $Q_{ab} = Q_{ba} = \frac{5}{16}ql$	

Таблиця 20. Формули для обчислення інтегралів виду  $\int_l M_i M_k dx$ .

	$\frac{l}{6} (2M_i^A M_k^A + 2M_i^B M_k^B + M_i^A M_k^B + M_i^B M_k^A)$
	$\frac{l}{6} (2M_i^A + M_i^B) M_k^A$
	$\frac{l}{2} (M_i^A + M_i^B) M_k^A$
	$\frac{l}{6} \left[ M_i^A \left(1 + \frac{b}{l}\right) + M_i^B \left(1 + \frac{a}{l}\right) \right] M_k^D$
	$\frac{a}{2} \left[ M_i^A - \frac{1}{3} \cdot \frac{a}{l} (M_i^A - M_i^B) \right] M_k^A$
<p>Квадратна парабол з вершиною в т. D</p>	$\frac{l}{3} (M_i^A + M_i^B) M_k^D = \frac{ql^3}{24} (M_i^A + M_i^B)$

	
	$-\frac{l}{6} \left[ M_i^B \left( 1 - \frac{3a^2}{l^2} \right) - M_i^A \left( 1 - \frac{3b^2}{l^2} \right) \right] M_K^D$
<p>Квадратна парабола</p> 	$\frac{l}{6} \left[ M_i^A M_K^A + M_i^B M_K^B + 2M_K^C (M_i^A + M_i^B) \right]$
<p>Квадратна парабола з вершиною в т. В</p> 	$\frac{l}{12} (3M_i^A + M_i^B) M_K^A$
	$\frac{l}{2} (M_i^A + M_i^B) \beta M_K^B$
<p>Квадратна парабола</p> 	$\frac{l}{12} (3M_i^A + 5M_i^B) M_K^B$
	$\frac{l}{6} \left[ M_K^B (2M_i^B + M_i^A) - M_K^A (2M_i^A + M_i^B) \right]$

Таблиця 21. Функції А.Н. Крилова для розрахунку балок сталого перерізу на пружній основі

$\beta_x$	$A_x$	$B_x$	$C_x$	$D_x$	$\beta_x$
0.0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0
0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.1
0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.2
0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.3
0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.4
0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5
0.5	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5
0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3708	0.7
1/4 $\pi$	0.6448	0.3224	0.000	0.3224	0.785
0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.8
0.9	0.5721	0.3185	-0.0657	0.2527	0.9
1.0	0.5083	0.3096	-0.1180	0.1988	1.0
1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	1.1
1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	1.2
1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	1.3
1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	1.4
1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	1.5
1/2 $\pi$	0.2079	0.2079	-0.2079	0.0000	1.571
1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	1.6
1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	1.7
1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	1.8
1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	1.9
2.0	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	2.0
2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	2.1
2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	2.2
2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	2.3
3/4 $\pi$	0.0000	0.0670	-0.1340	-0.0670	2.356
2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	2.4
2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	2.5
2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	2.6
2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	2.7
2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	2.8
2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	2.9
3	-0.04226	0.00703	-0.05632	-0.04929	3
3.1	-0.04314	0.00187	-0.04688	-0.04501	3.1
$\pi$	-0.04321	0.00000	-0.04321	-0.04321	3.142
3.2	-0.04307	-0.00238	-0.03831	-0.04069	3.2
3.3	-0.04224	-0.00582	-0.03060	-0.03642	3.3
3.4	-0.04079	-0.00853	-0.02374	-0.03227	3.4
3.5	-0.03887	-0.01059	-0.01769	-0.02828	3.5

$\beta_x$	$A_x$	$B_x$	$C_x$	$D_x$	$\beta_x$
3.6	-0.03659	-0.01209	-0.01241	-0.02450	3.6
3.7	-0.03407	-0.01310	-0.00787	-0.02097	3.7
3.8	-0.03138	-0.01369	-0.00401	-0.01770	3.8
3.9	-0.02862	-0.01392	-0.00077	-0.01469	3.9
$5/4\pi$	-0.02786	-0.01393	-0.00000	-0.01393	3.927
4.0	-0.02583	-0.01386	0.00189	-0.01197	4.0
4.1	-0.02309	-0.01356	0.00403	-0.00953	4.1
4.2	-0.02042	-0.01307	0.00572	-0.00735	4.2
4.3	-0.01787	-0.01243	0.00699	-0.00544	4.3
4.4	-0.01546	-0.01168	0.00791	-0.00377	4.4
4.5	-0.01320	-0.01086	0.00852	-0.00234	4.5
4.6	-0.01112	-0.00999	0.00786	-0.00113	4.6
4.7	-0.00921	-0.00909	0.00898	-0.00011	4.7
$6/4\pi$	-0.00898	-0.00898	0.00898	0.00000	4.712
4.8	-0.00748	-0.00892	0.00892	0.00072	4.8
4.9	-0.00593	-0.00732	0.00870	0.00139	4.9
5.0	-0.00455	-0.00646	0.00837	0.00191	5.0
5.1	-0.00334	-0.00564	0.00795	0.00230	5.1
5.2	-0.00229	-0.00487	0.00746	0.00259	5.2
5.3	-0.00139	-0.00415	0.00692	0.00277	5.3
5.4	-0.00063	-0.00349	0.00636	0.00287	5.4
$7/4\pi$	0.00000	-0.00290	0.00579	0.00290	5.498
5.5	0.00001	-0.00288	0.00578	0.00290	5.5
5.6	0.00053	-0.00233	0.00520	0.00287	5.6
5.7	0.00095	-0.00184	0.00464	0.00279	5.7
5.8	0.00127	-0.00141	0.00409	0.00268	5.8
5.9	0.00152	-0.00102	0.00356	0.00254	5.9
6.0	0.00169	-0.00069	0.00307	0.00238	6.0
6.1	0.00180	-0.00069	0.00261	0.00221	6.1
6.2	0.00185	-0.00017	0.00219	0.00202	6.2
$8/4\pi$	0.00187	0.00000	0.00187	0.00187	6.283
6.3	0.00187	0.00003	0.00181	0.00184	6.3
6.4	0.00184	0.00019	0.00146	0.00165	6.4
6.5	0.00179	0.00032	0.00115	0.00147	6.5
6.6	0.00172	0.00042	0.00087	0.00129	6.6
6.7	0.00162	0.00050	0.00063	0.00113	6.7
6.8	0.00152	0.00055	0.00042	0.00097	6.8
6.9	0.00141	0.00058	0.00024	0.00082	6.9
7.0	0.00129	0.00060	0.00009	0.00069	7.0
$9/4\pi$	0.00120	0.00060	0.00000	0.00060	7.069

## ЗМІСТ

Передмова .....	3
Таблиця 1. Орієнтовні значення допустимих напружень .....	4
Таблиця 2. Модулі пружності та коефіцієнти Пуассона .....	4
Таблиця 3. Механічні характеристики деяких матеріалів .....	5
Таблиця 4. Коефіцієнти лінійного температурного розширення .....	6
Таблиця 5. Геометричні характеристики плоских перерізів .....	7
Таблиця 6. Значення коефіцієнтів $\alpha, \beta, \gamma$ для визначення геометричних характеристик кручення прямокутних стержнів ( $h > b$ ) .....	10
Таблиця 7. Геометричні характеристики перерізів при крученні стержнів .	10
Таблиця 8. Площі епюр і положення центрів ваги .....	12
Таблиця 9. Фіктивні реакції для різних випадків навантаження дійсної балки .....	14
Таблиця 10. Формули для врахування зміщення опор і температури при розрахунках статично невизначуваних систем .....	17
Таблиця 11. Значення коефіцієнтів $a, b, c$ у формулі Ф.С. Ясинського .....	19
Таблиця 12. Коефіцієнти поздовжнього згину центрально стиснутих елементів $\varphi$ (збільшені у 1000 разів) .....	20
Таблиця 13. Значення коефіцієнта стійкості $\eta$ і коефіцієнта зведення довжини $\mu$ стержнів сталого перерізу .....	20
Таблиця 14. Коефіцієнти зведення $K$ власної маси елемента конструкції до точки удару (в точці В) .....	24
Графіки коефіцієнта зведення маси .....	27
Таблиця 15. Сталь прокатна. Кутники рівнобокі .....	28
Таблиця 16. Сталь прокатна. Кутники нерівнобічні .....	32
Таблиця 17. Сталь прокатна. Балки двотаврові .....	35
Таблиця 18. Сталь прокатна. Швелери .....	37
Таблиця 19. Опорні моменти в однопрольотних статично невизначуваних балках .....	39

Таблиця 20. Формули для обчислення інтегралів виду $\int_l M_i M_k dx$ .....	43
Таблиця 21. Функції А.Н. Крилова для розрахунку балок сталого перерізу на пружній основі .....	45



*Навчально-методичне видання*

Валерій Володимирович Косарчук  
Олександр Володимирович Агарков

ДОВІДНИК  
З ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ  
для студентів усіх спеціальностей  
і форм навчання

Відповідальний за випуск О. В. Агарков

Директор РВЦ ДЕГУТ	Л. В. Пономаренко
Головний редактор	О. В. Ємець
Верстка	В. О. Андрієнка

---

Підписано до друку . .2015 р. Формат паперу 60×84/16, папір офс.,  
спосіб друку – ризографія. Замовлення № 43-2/11, тираж 200 прим.

---

Надруковано в редакційно-видавничому центрі  
Державного економіко-технологічного університету транспорту  
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК № 3079 від 27.12.2007 р.

03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19.