1) utrzymać klasy dokładności pasowań w dzisiejszem ich rozumieniu, oznaczając je cyframi kolejnemi 1, 2, 3 i t. d., umieszczonemi przed symbolem literowym i oddzielonemi poziomą kreską od cyfry wymiarowej;

2) utrzymać te same oznaczenia literowe dla wałków wzgl. otworów z różnych klas, które w połączeniu z elementem podstawowym z własnych swych klas zapewnią pasowania o jednakowym charakterze;

3) dobrać wartości tolerancyj poszczególnych klas na wzór szeregu zbliżonego do prawidłowego postępu geometrycznego;

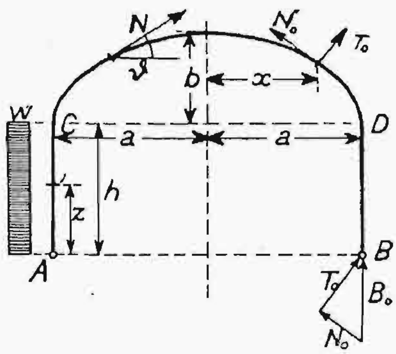
4) pasowania spoczynkowe w klasie podstawowej oprzeć na wzorach szwedzkim i czechosłowackim, a nie na niemieckim.

Poza tem uważamy, że pasowania wtłaczane, zarówno jak brakujące pasowania obrotowe (w klasie trzeciej i innych), należy ustalić, zanim projekt zostanie ostatecznie zatwierdzony; byłoby również rzeczą b. wskazaną corychlej rozszerzyć układ do 260 mm.

Ramy eliptyczne*).

Napisał Stefan Bryła.

8. Jednostajne ciśnienie poziome (parcie wiatru) na słup (rys. 14).



Rys. 14.

Oddziaływanie pionowe B znajdziemy z równania równowagi względem A

$$B\,.\,2a = hw\,.\,\frac{h}{2}\,.$$

Czyli

$$B = w\,\frac{h^2}{4a} = -A\,,$$

$$H_0 = wh\,.$$

W słupie AC będzie:

$$N_0 = A\,,$$

$$T_0 = H_0 - wz = w(h-z)\,,$$

$$M_0 = H_0 z - \frac{w}{2}z^2 = wz\left(h - \frac{z}{2}\right).$$

W słupie BD:

$$N_0 = B\,,\qquad T_0 = 0\,,\qquad M_0 = 0\,.$$

W rozporze:

$$N_0 = A\sin\vartheta\,,\quad T_0 = A\cos\vartheta\,,$$

$$M_0 = B(a-x)\,,$$

$$S = \int_A^C wz\left(h - \frac{z}{2}\right)dz = w\int_0^h\left(hz - \frac{z^2}{2}\right)dz = wh^4\frac{5}{24}.$$

$$R = B\int_C^D (a-x)(h+y)\,ds = \varphi_6 R'.$$

Zważywszy, że w równ. (50) $M_{03} = B(a-x)$, że jednak B posiada tam wartość $\frac{e}{2a}P = B_4$, otrzymamy R' ze wzoru (53), mnożąc go przez $\frac{B}{B_4}$, czyli zastępując Pe przez $\frac{1}{2}wh^2$. Będzie więc

$$R' = \frac{1}{2}wah^2\left(\beta h + \frac{1}{2}\gamma b\right),\ \text{zaś}\ \varphi_6 = \varphi_4\,.$$

P r z y k ł a d. Rama jak wyżej. Znaleźć H.

$$\beta h + \frac{1}{2}\gamma b = 1{,}202\,.\,14 + \frac{1}{2}\,.\,0{,}3033\,.\,6 = 16{,}0\,,$$

$$R' = \frac{1}{2}w\,.\,9\,.\,14^2\,.\,16{,}0 \quad = 14\,125\,w$$

$$S = \frac{5}{24}h^4 w = \frac{5}{24}\,.\,14^4\,.\,w = \ 8\,030\,w$$

$$S + R' = 22\,155\,w\,.$$

Wedł. 1 przykładu

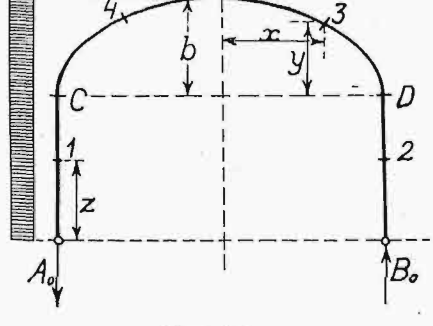
$$H = \frac{22\,155\ \mathrm{m}^4}{10\,890\ \mathrm{m}^3}\,w =$$

$$= w\,.\ 2{,}035\ \mathrm{m}$$

$$H_0 = w\,.\,14\ \mathrm{m} \qquad = w\,.\,14{,}000\ \mathrm{m}$$

Na przegub A działa siła: $w\,.\,11{,}965\ \mathrm{m}$.

9. Jednostajne ciśnienie poziome (parcie wiatru) na całą wysokość ramy (rys. 15).



Rys. 15.

$$H_0 = w(h+b)\,,$$

$$B = \frac{w}{4a}(h+b)^2 = -A\,.$$

*) Dokończenie do str. 238 w zesz. 12 z r. b.

Ze względu na N_0, T_0 i M_0, rozróżnić należy 4 części ramy:

1) AC, 2) BD, 3) DG, 4) CG.

$$N_{01} = A, \quad N_{02} = B,$$

$$T_{01} = H_0 - wz = w\,(h + b - z), \quad T_{02} = 0,$$

$$N_{03} = A \sin \vartheta,$$

$$T_{03} = A \cos \vartheta,$$

$$N_{04} = -\,w\,(b - y) \cos \vartheta,$$

$$T_{04} = w\,(b - y) \sin \vartheta,$$

$$M_{01} = H_0\, z - \frac{1}{2}\, w z^2 = w z\,(h + b - \frac{1}{2}\, z),$$

$$M_{02} = 0, \quad M_{03} = B(a - x),$$

$$M_{04} = H_0\,(h + y) - \frac{1}{2}\, w\,(h + y)^2 + A\,(a - |x|) = $$

$$= w\,(h + y)\left(\frac{h}{2} + b - \frac{y}{2}\right) + A\,(a - |x|),$$

$$S = \int_A^C M_{01}\, z\, dz = w\,(h + b) \int_0^h z^2\, dz - \frac{1}{2}\, w \int_0^h z^3\, dz = $$

$$= w\left[(h + b)\frac{h^3}{3} - \frac{1}{8}\, h^4\right] = \frac{w\, h^3}{3}\left(\frac{5}{8} h + b\right),$$

$$R = \int_{x=0}^{x=a} (M_{03} + M_{04})\,(h + y)\, ds = w \int_{x=0}^{x=a} m\, ds = \varphi_7\, R',$$

zaś

$$R' = w\left[\int_0^{y_1} m\, dy + \int_0^{x_1} m\, dx\right]. \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

Dla skrócenia nazwaliśmy

$$w\,.\,m = (M_{03} + M_{04})\,(h + y).$$

Ale

$$M_{03} + M_{04} = w\,(h + y)\left(\frac{h}{2} + b - \frac{y}{2}\right),$$

zatem

$$m = (h + y)^2\left(\frac{h}{2} + b - \frac{y}{2}\right) = h^2\left(\frac{h}{2} + b\right) + $$

$$+ \, yh\left(\frac{1}{2}\, h + 2b\right) + y^2\left(b - \frac{h}{2}\right) - \frac{1}{2}\, y^3.$$

Zatem

$$\int_0^{y_1} m\, dy = h^2\left(\frac{h}{2} + b\right) y_1 + h\left(\frac{h}{2} + 2b\right)\frac{y_1^2}{2} + $$

$$+ \left(b - \frac{h}{2}\right)\frac{y_1^3}{3} - \frac{1}{8}\, y_1^4. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (61)$$

Rozwiązanie całki $\int_0^{x_1} m\, dx$ wymaga rozwiązania całek

$$\int_0^{x_1} y\, dx = \frac{1}{2}\, ab\left(X_1 + \frac{x_1\, y_1}{ab}\right),$$

$$\int_0^{x_1} y^2\, dx = b^2\, x_1\left[1 - \frac{1}{3}\left(\frac{x_1}{a}\right)^2\right],$$

$$\int_0^{x_1} y^3\, dx = ab^3 \int_0^{x_1 = a} (1 - x^2)\sqrt{1 - x^2}\, dx = $$

$$= \frac{1}{2}\, ab^3\left[X_1 + \frac{x_1\, y_1}{ab}\right] - ab^3\, I',$$

przyczem I' jest to całka określona w granicach od 0 do x_1 względem całki $I = \int x^2 \sqrt{1 - x^2}\, dx$.

Jeżeli

$$x = \sin \varphi, \quad \text{to} \quad I = \int \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi\, d\varphi.$$

Ponieważ

$$\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1,$$

przeto

$$\sin^2 \varphi \cos^2 \varphi = \sin^2 \varphi - \sin^4 \varphi,$$

albo

$$\sin^2 \varphi \cos^2 \varphi = \cos^2 \varphi - \cos^4 \varphi.$$

Dodajmy tu

$$2 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi = 1 - (\sin^4 \varphi + \cos^4 \varphi).$$

Zatem

$$2\, I = \varphi - \int (\sin^4 \varphi + \cos^4 \varphi)\, d\varphi.$$

Ale

$$\int \sin^4 \varphi\, d\varphi = -\int \sin^3 \varphi\, d \cos \varphi = $$

$$= -\sin^3 \varphi \cos \varphi + 3 \int \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi\, d\varphi,$$

zaś

$$\int \cos^4 \varphi\, d\varphi = \int \cos^3 \varphi\, d \sin \varphi = $$

$$= -\sin \varphi \cos^3 \varphi + 3 \int \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi\, d\varphi.$$

Zatem

$$\int (\sin^4 \varphi - \cos^4 \varphi)\, d\varphi = \varphi - 2\, I = $$

$$= \sin \varphi \cos \varphi\, (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) + 6\, I.$$

Czyli

$$8\, I = \varphi - \sin \varphi \cos \varphi\, (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) = $$

$$= \varphi - x\sqrt{1 - x^2}\,(1 - 2x^2),$$

zaś

$$I' = \frac{1}{8}\left\{X_1 - \frac{x_1}{a}\,\frac{y_1}{b}\left[1 - 2\left(\frac{x_1}{a}\right)^2\right]\right\}.$$

Będzie więc:

$$\int_0^{x_1} y^3\, dx = \frac{1}{8}\, ab^3\left\{3\, X_1 + \frac{x_1\, y_1}{ab}\left[5 - 2\left(\frac{x_1}{a}\right)^2\right]\right\},$$

zaś

$$\int_0^{x_1} m\, dx = h^2\left(\frac{h}{2} + b\right) x_1 + h\left(\frac{h}{2} + \right.$$

$$\left. + \, 2b\right)\frac{1}{2}\, ab\left(X_1 + \frac{x_1\, y_1}{ab}\right) + \left(b - \frac{h}{2}\right) b^2\, x_1\left[1 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{3}\left(\frac{x_1}{a}\right)^2\right] - \frac{ab^3}{16}\left\{3\, X_1 + \frac{x_1\, y_1}{ab}\left[5 - 2\left(\frac{x_1}{a}\right)^2\right]\right\}.$$

Wstawiając to, zarówno jak i (61) w (60) i podstawiając za x_1 i y_1 wartości z równań (19), otrzymamy:

$$R' = w \left\{ h^2 \left(\frac{h}{2} + b \right) \sqrt{a^2 + b^2} + \right.$$

$$+ \frac{1}{2} ab X_1 \left[h \left(\frac{h}{2} + 2b \right) - \frac{3}{8} b^2 \right] + \frac{h}{2} \left(\frac{h}{2} + 2b \right) b^2 +$$

$$\left. + \frac{b^2}{3} \frac{2a^2 + b^2}{\sqrt{a^2 + b^2}} \left(b - \frac{h}{2} \right) - \frac{b^4}{16} \frac{3a^2 + 2b^2}{a^2 + b^2} \right\}.$$

Nazwijmy:

$$A = \frac{1}{2} \beta, \qquad B = \beta + \frac{1}{4} \gamma,$$

$$C = \alpha^2 \gamma - \frac{1}{2} \delta, \qquad D = \delta + \frac{\alpha^2}{16} \left(\frac{\alpha^3}{1 + \alpha^2} - 3\gamma \right),$$

przyczem β, γ i δ, określone równaniami (27), można wyjąć z tabeli 1 w zależności od $\alpha = \frac{a}{b}$, to

$$R' = wa \left[h^2 (Ah + Bb) + a^2 (Ch + Db) \right]. \quad (62)$$

Dla koła

$$R_0 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} m\, ds =$$

$$= w \left[h^2 \left(\frac{h}{2} + r \right) \frac{\pi}{2} + r^2 h \left(\frac{h}{2} + 2r \right) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \varphi\, d\varphi + \right.$$

$$\left. + r^3 \left(r - \frac{h}{2} \right) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \varphi\, d\varphi - \frac{r^4}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 \varphi\, d\varphi \right].$$

Całki powyższe znamy już; pierwsza równa się 1, druga $\frac{\pi}{4}$, trzecia $\frac{2}{3}$, więc

$$R_0 = wr \left[h^3 \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{2} \right) + h^2 r \left(\frac{\pi}{2} + \frac{1}{2} \right) + \right.$$

$$\left. + h r^2 \left(2 - \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{2} \right) + r^3 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{3} \right) \right] =$$

$$= wr \left[0{,}7854\, h^3 + 2{,}071\, r h^2 + 1{,}607\, r^2 h + 0{,}452\, r^3 \right].$$

W równaniu (62) jest $a = b = r$,

$$\alpha = 1, \quad \beta = 1{,}414, \quad \gamma = 1{,}785,$$

$$\delta = 1{,}707 \text{ (por. tab. 1)},$$

$$A = 0{,}707,$$

$$B = 1{,}414 + \frac{1}{4} 1{,}785 = 1{,}414 + 0{,}446 = 1{,}860,$$

$$C = \gamma - \frac{1}{2} \cdot 0{,}707 = 1{,}785 - 0{,}3535 = 1{,}4315,$$

$$D - \delta = \frac{1}{16} \left(\frac{1}{2} - 3 \cdot 1{,}785 \right) = \frac{1}{16} (0{,}5 - 5{,}355) =$$

$$= - \frac{4{,}855}{16} = - 0{,}304,$$

$$D = 0{,}707 - 0{,}304 = 0{,}403.$$

Zatem

$$R'_0 = wr \left[0{,}707\, h^3 + 1{,}860\, r h^2 + \right.$$

$$\left. + 1{,}4315\, r^2 h + 0{,}403\, r^3 \right].$$

Spółczynniki we wzorze dla R_0 są od spółczynników A, B, C i D dla R'_0 większe odpowiednio o

$$\Delta A = 0{,}7854 - 0{,}707 = 0{,}0784 = 0{,}707 \cdot 0{,}111,$$

$$\Delta B = 2{,}071 - 1{,}860 = 0{,}211 = 1{,}860 \cdot 0{,}113,$$

$$\Delta C = 1{,}607 - 1{,}4315 = 0{,}175 = 1{,}4315 \cdot 0{,}122,$$

$$\Delta D = 0{,}452 - 0{,}403 = 0{,}049 = 0{,}403 \cdot 0{,}121.$$

Jeżeli liczby 0,111, 0,113, 0,122 i 0,121 zastąpimy ich średnią wartością 0,117, to

$$R_0 - R'_0 = 0{,}117\, R'_0.$$

Będzie więc

$$\varphi_7 = 1 + 0{,}117\, \alpha. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (63)$$

Przykład 7. Rama jak wyżej ($a = 9$, $b = 6$, $h = 14$ m), więc

$$\alpha = 0{,}667, \quad \beta = 1{,}202, \quad \gamma = 1{,}651, \quad \vartheta = 0{,}3033.$$

$$A = 1{,}202 : 2 = 0{,}601,$$

$$B = 1{,}202 + 1{,}651 : 4 = 1{,}615,$$

$$C = 0{,}667^2 \cdot 1{,}651 - 0{,}3033 : 2 = 0{,}585,$$

$$D = 0{,}3033 + \frac{0{,}667^2}{16} \left(\frac{0{,}667^3}{1 + 0{,}667^2} - 3 \cdot 1{,}651 \right) =$$

$$= 0{,}1713.$$

$$R' = w \cdot 9 \left[14^2 (0{,}601 \cdot 14 + 1{,}615 \cdot 6) + \right.$$

$$\left. + 9^2 (0{,}585 \cdot 14 + 0{,}1713 \cdot 6) \right] = w \cdot 38900 \text{ m}^4,$$

$$\varphi_7 = 1 + 0{,}117 \cdot 0{,}667 = 1{,}078,$$

$$R = 1{,}078 \cdot 38900\, w = w \cdot 42000 \text{ m}^4,$$

$$S = \frac{w}{3} 14^3 \left(\frac{5}{8} \cdot 14 + 6 \right) = w \cdot 13500 \text{ m}^4.$$

Według przykładu 1:

$$H = \frac{S + R}{10\,890 \text{ m}^3} = w \frac{13\,500 + 42\,000}{10\,890} = w \cdot 5{,}1 \text{ m},$$

$$B = - A = \frac{w}{4{,}9} (14 + 6)^2 = w \cdot 11{,}1 \text{ m}.$$

a) Wierzchołek ramy (klucz):

$$x = 0, \quad y' = 20 \text{ m}, \quad \vartheta = 0.$$

$$M_0 = B \cdot a = w \cdot 11{,}1 \cdot 9 = w \cdot 100 \text{ m}^2,$$

$$N_0 = 0, \quad T_0 = A = - w \cdot 11{,}1 \text{ m},$$

$$M = w \cdot [100 - 20 \cdot 5{,}1] = - w \cdot 2 \text{ m}^2,$$

$$N = 0 + w \cdot 5{,}1 = + w \cdot 5{,}1 \text{ m},$$

$$T = w (- 11{,}1 \text{ m} + 0) = - w \cdot 11{,}1 \text{ m}.$$

b) Wezgłowie od strony wiatru:

$$x = -a, \quad \vartheta = \frac{\pi}{2}, \quad y' = h.$$

$$M_0 = wh\left(\frac{h}{2} + b\right) = w \,.\, 14(7 + 6) = w \,.\, 182\,\mathrm{m}^2,$$

$$N_0 = A = -w \,.\, 11{,}1\ \mathrm{m},$$

$$T_0 = wb = w \,.\, 6\ \mathrm{m},$$

$$M = w \,.\, (182 - 14 \,.\, 5{,}1) = w \,.\, 110{,}6\ \mathrm{m}^2,$$

$$N = w \,.\, (-11{,}1 + 0) = -w \,.\, 11{,}1\ \mathrm{m},$$

$$T = w\,(6 - 5{,}1) = -w \,.\, 0{,}9\ \mathrm{m}.$$

c) Wezgłowie z przeciwnej strony:

$$x = a, \quad \vartheta = -\frac{\pi}{2}, \quad y' = h,$$

$$M_0 = 0, \quad M = 0 - 14 \,.\, 5{,}1\, w = -w \,.\, 71{,}4\ \mathrm{m}^2,$$

$$N_0 = B = 11{,}1\, w, \quad N = w\,(11{,}1 + 0) = w \,.\, 11{,}1\ \mathrm{m},$$

$$T_0 = 0, \quad T = 0 - 5{,}1\, w \,.\, (-1) = w \,.\, 5{,}1\ \mathrm{m}.$$

d) $x = -\frac{a}{2}, \quad \sin\vartheta = 0{,}36,$

$$\cos\vartheta = 0{,}936, \quad y = 5{,}2\ \mathrm{m}.$$

$$M_0 = w\,(h + y)\left(b + \frac{h - y}{2}\right) + A\frac{a}{2} =$$

$$= w\left[(14 + 5{,}2)\left(6 + \frac{14 - 5{,}2}{2}\right) - 11{,}1 \,.\, \frac{9}{2}\right] =$$

$$= w \,.\, 150\ \mathrm{m}^2,$$

$$M = w\,(150 - 5{,}1 \,.\, 19{,}2) = -w \,.\, 52{,}1\ \mathrm{m}^2,$$

$$N_0 = -w\,(6 - 5{,}2) \,.\, 0{,}936 = -w \,.\, 0{,}75\ \mathrm{m},$$

$$N = w\,(-0{,}75 - 0{,}936 \,.\, 5{,}1) = w \,.\, 4{,}03 \ \text{„}$$

$$T_0 = w\,(6 - 5{,}2) \,.\, 0{,}36 = w \,.\, 0{,}29\ \mathrm{m},$$

$$T = w\,(0{,}29 - 0{,}36 \,.\, 5{,}1) = -w \,.\, 1{,}54\ \mathrm{m}.$$

e) $x = +\frac{a}{2}, \quad \sin\vartheta = -0{,}36,$

$$\cos\vartheta = 0{,}936, \quad y = 5{,}2.$$

$$M_0 = B \,.\, \frac{a}{2} \,.\, w \,.\, 50\ \mathrm{m}^2,$$

$$M = w\,(50 - 19{,}2 \,.\, 5{,}1) = -w \,.\, 47{,}9\ \mathrm{m}^2,$$

$$N_0 = -w \,.\, 11{,}1 \,.\, (-0{,}36) = w \,.\, 4\ \mathrm{m},$$

$$N = w\,(4 + 0{,}936 \,.\, 5{,}1) = w \,.\, 8{,}78\ \mathrm{m},$$

$$T_0 = -w \,.\, 11{,}1 \,.\, 0{,}936 = -w \,.\, 10{,}4\ \mathrm{m},$$

$$T = w\,[-10{,}4 - 5{,}1\, w\,(-0{,}36)] = -w \,.\, 8{,}57\ \mathrm{m}.$$

10. Wpływ temperatury i skurczu betonu.

Tu

$$M_0 = 0, \quad N_0 = 0, \quad T_0 = 0.$$

Jeżeli ω jest spółczynnikiem rozszerzalności materjału ramy, to przesunięcie na łożysku ustroju zastępczego, wskutek podniesienia się temperatury o t^0, wynosi

$$\delta_t = -2a\,\omega\,t.$$

Znak jest ujemny, gdyż przesunięcie to posiada kierunek przeciwny sile H. Wstawmy to w równanie (2) za δ_p, zaś δ_h według równania (9), to

$$H_t = \frac{2a\,\omega\,t}{\frac{1}{EJ}\left(\frac{2}{3}h^3 + 2K\right)} = \frac{a\,EJ\,\omega\,t}{\frac{1}{3}h^3 + K}. \quad (64)$$

Wpływ skurczu betonu uwzględnia się wedle polskich przepisów jako obniżenie temperatury o 10^0, t. j. przez podstawienie we wzorze (64) $t = -10$.

Czyli

$$H_{sk} = \frac{10\,EJ\,\omega\,a}{\frac{1}{3}h^3 + K}.$$

Moment w C i D:

$$M_t = -H_t\,h,$$

zaś największy moment występuje w kluczu i wynosi

$$M_{t\,\max} = -H_t\,(h + b).$$

Tu $\vartheta = 0$, więc wedł. (4)

$$N = H_t, \quad T = 0.$$

Zaś w punkcie C

$$\vartheta = \frac{\pi}{2},$$

więc

$$N = 0, \qquad T = -H_t.$$

W punkcie D

$$\vartheta = -\frac{\pi}{2}, \quad N = 0, \quad T = +H_t.$$

11. Zakończenie.

Wyprowadzone powyżej wzory, jak to wynika z wywodów teoretycznych i konkretnych przykładów, posiadają dokładność wystarczającą dla celów praktyki: błąd jest bowiem mniejszy od 3%. Dzięki obranej metodzie, dały się one wyprowadzić łatwo, ponad wszelkie spodziewanie, aczkolwiek dotychczas nie pokuszono się o analityczne traktowanie łuków i ram eliptycznych. Tabele, ustawione dla niektórych spółczynników we wzorach zawilszych, umożliwią szybkie wyznaczenie wszystkich wielkości, potrzebnych do zaprojektowania wymiarów ram eliptycznych i przyczynią się zapewne do częstszego ich stosowania, na co z uwagi na swój piękny wygląd w zupełności zasługują.