

MIROSŁAW CHUDEK

WPLYW WYPOSAŻENIA I WSKAŹNIKA WENTYLACYJNEGO  
NA WIELKOŚĆ PRZEKROJU POPRZECZNEGO SZYBU

Streszczenie. W pracy zdefiniowano wskaźnik wykorzystania przekroju poprzecznego szybu z uwagi na wentylację oraz wskaźnik wykorzystania pola poprzecznego szybu z uwagi na jego wyposażenie. Wskaźniki te dla przekroju kołowego, eliptycznego, kwadratowego i prostokątnego ujęte we wzory dla których sporządzono nomogramy. Przeprowadzono analizę wielkości wskaźników obliczonych dla przyjętych wariantów rozwiązań tarczy szybowej.

1. Wprowadzenie

Postępowa eksploatacja jak i wyczerpywanie zasobów na istniejących poziomach prowadzą do budowy szybów głębokich. Dlatego bardziej niż dotąd nabiera znaczenia problem wydajności szybowej - wykorzystania przekroju poprzecznego szybu. Należy dążyć by wzrost wydajności szybowej nie następował kosztem zwiększania przekroju poprzecznego szybu ale przez jak największy stosunek powierzchni użytecznej do powierzchni całkowitej szybu, przez skrócenie cyklu wyciągowego oraz modernizację naczyń wydobywczych czyli zastąpienia klatki skipem.

Wybór kształtu przekroju poprzecznego uwarunkowany jest przeznaczeniem szybu, czasem jego eksploatacji i fizykomechanicznymi właściwościami przebijanych warstw skalnych. Do rozważań nad najkorzystniejszym kształtem przekroju pod względem jego wykorzystania z uwagi na wyposażenie i wentylację co jest tematem tej pracy przyjęto przekroje szybów najczęściej spotykane w przemyśle górniczym (okrągłe, eliptyczne, prostokątne, kwadratowe oraz łukowo czteroboczne).

## 2. Definicja wskaźnika wykorzystania przekroju poprzedniego szybu z uwagi na wentylację "C<sub>s</sub>"

Wskaźnik  $C_s$  przedstawia stosunek pola przekroju poprzecznego strugi powietrza jaka płynie szybem do całkowitego pola przekroju poprzecznego szybu w świetle obudowy. Wielkość wskaźnika zależy od średnicy szybu, sumy wymiarów pola poprzecznego urządzeń umieszczonych w szybie oraz w mniejszym stopniu od współczynnika oporu ruchu powietrza i kształtu szybu. Wskaźnik "C<sub>s</sub>" według definicji wynosi:

$$C_s = \frac{S_s}{S_c} \quad (1)$$

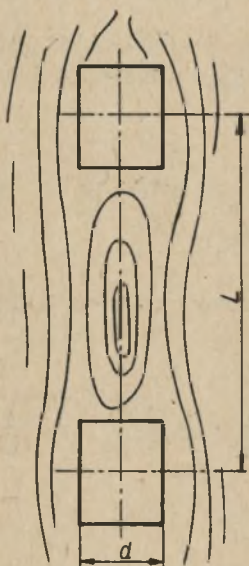
W szybach bez wyposażenia  $S_c = S_s$ ;  $C_s = 1$ , we wszystkich pozostałych rodzajach szybów  $S_s < S_c$  i  $C_s < 1$ . Aby obliczyć wielkość  $C_s$  trzeba znać wymiary pola poprzecznego urządzeń umieszczonych w szybie, przy czym na wielkość  $S_s$  mają wpływ te urządzenia, których podłużny wymiar  $\Delta = \frac{L}{d} < 5-6$ ;  $L$  - odległość między dwoma kolejnymi urządzeniami liczona wzdłuż przepływu strugi,  $d$  - wymiar poprzeczny urządzenia.

Przy takim wymiarze urządzenia, przekrój strugi jest zmniejszony na całej głębokości szybu. Zilustrowano to na przykładzie belek szybowych (rys. 1) dla których  $\Delta > 5-6$ , a zatem dźwigary szybowe na wielkość  $S_s$  nie mają wpływu. Dotyczy to również kołnierz rurociągów. Na podstawie tego kryterium ustalono, że o wielkości  $S_s$  decyduje przedział drabinowy, prowadniki, rurociągi, kable i liny wyciągowe. W obliczeniach przyjęto, że przedział drabinowy jest tamą przez którą powietrze nie płynie. Uproszczenie to jest podyktowane trudnością w znalezieniu w przypadku przedziału drabinowego pola poprzecznego szybu dla obliczenia ilości powietrza, które przy założonej prędkości będzie przepływać szybem. Tak więc obliczony wskaźnik będzie posiadał pewną utajoną nadwyżkę będącą skutkiem przyjętego uproszczenia. Można zatem napisać:

$$S_s = S_c - (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5) \quad (2)$$

gdzie:

- $S_1$  - pole przekroju poprzecznego przedziału drabinowego
- $S_2$  - sumaryczne pole przekroju poprzecznego przewodników
- $S_3$  - sumaryczne pole przekrojów poprzecznych rurociągów
- $S_4$  - sumaryczne pole przekrojów poprzecznych kabli
- $S_5$  - sumaryczne pole przekrojów poprzecznych lin



Rys.1. Schemat zmniejszenia strugi powietrza w przekroju szybu wskutek istnienia belek szybowych

Wstawiając  $S_s$  z wzoru (2) do wzoru (1) otrzymuje się:

$$C_s = 1 - \frac{S_1}{S_c} - \frac{S_2}{S_c} - \frac{S_3}{S_c} - \frac{S_4}{S_c} - \frac{S_5}{S_c}$$

lub

$$C_s = 1 - C_1 - C_2 - C_3 - C_4 - C_5 \quad (3)$$

Wyprowadzony wzór (3) dotyczy szybu najbogatszego w urządzeniu. Duża ilość przekrojów poprzecznych szybów oraz różnorodność urządzeń szybowych daje dużą liczbę kombinacji tarcz szybowych. Fakt ten dyktuje konieczność obliczenia  $C_S$  metodą analityczno-wykreślną. W celu udogodnienia określania  $C_S$  dla projektowania ilości przepływu przez szyb powietrza sporządzono nomogramy.

### 2.1. Wskaźnik $C_S$ dla przekroju poprzecznego kołowego

Zachowując poprzednie oznaczenia poszczególne człony wzoru na  $C_S$  dla przekroju kołowego przyjmą postać:

$$C_1 = \frac{S_1}{S_c}; \quad S_c = \pi R^2$$

Po wyliczeniu  $S_1$  i po wstawieniu otrzymanej wartości oraz po przekształceniu

$$C_1 = \frac{1}{180^\circ} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{1}{\pi} \sqrt{\left(\frac{b}{D}\right)^2 - \left(\frac{b}{D}\right)^4} + \frac{4}{\pi} \frac{b}{D} \frac{h}{D} \quad (4)$$

gdzie:

$D$  - średnica szybu w świetle obudowy

$h, d$  - wymiary przedziału drabinowego.

Wyprowadzony wzór jest ważny dla 4 wariantów kształtu przekroju poprzecznego przedziału drabinowego (rys.2).

Wariant I. Kształt opisany punktami 1-2-3-7-1

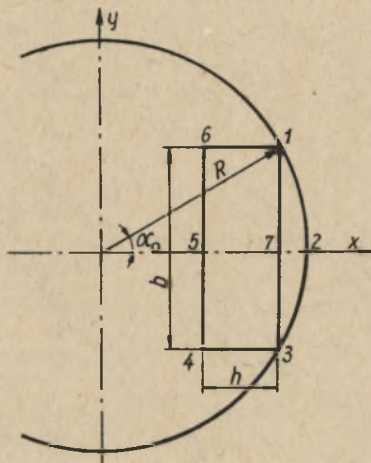
$$\frac{h}{D} = 0; \quad C_1 = \frac{1}{180^\circ} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{1}{\pi} \sqrt{\left(\frac{b}{D}\right)^2 - \left(\frac{b}{D}\right)^4} \quad (5)$$

Wariant II. Kształt opisany punktami 1-2-7-1

$$C_1 = \frac{1}{2 \cdot 180^\circ} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{b}{D}\right)^2 - \left(\frac{b}{D}\right)^4} \quad (6)$$

Wariant III. Kształt opisany punktami 1-2-3-4-5-6-1

$$C_1 = \frac{1}{180^\circ} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{1}{\pi} \sqrt{\left(\frac{b}{D}\right)^2 - \left(\frac{b}{D}\right)^4} + \frac{4bh}{\pi DD} \quad (4)$$



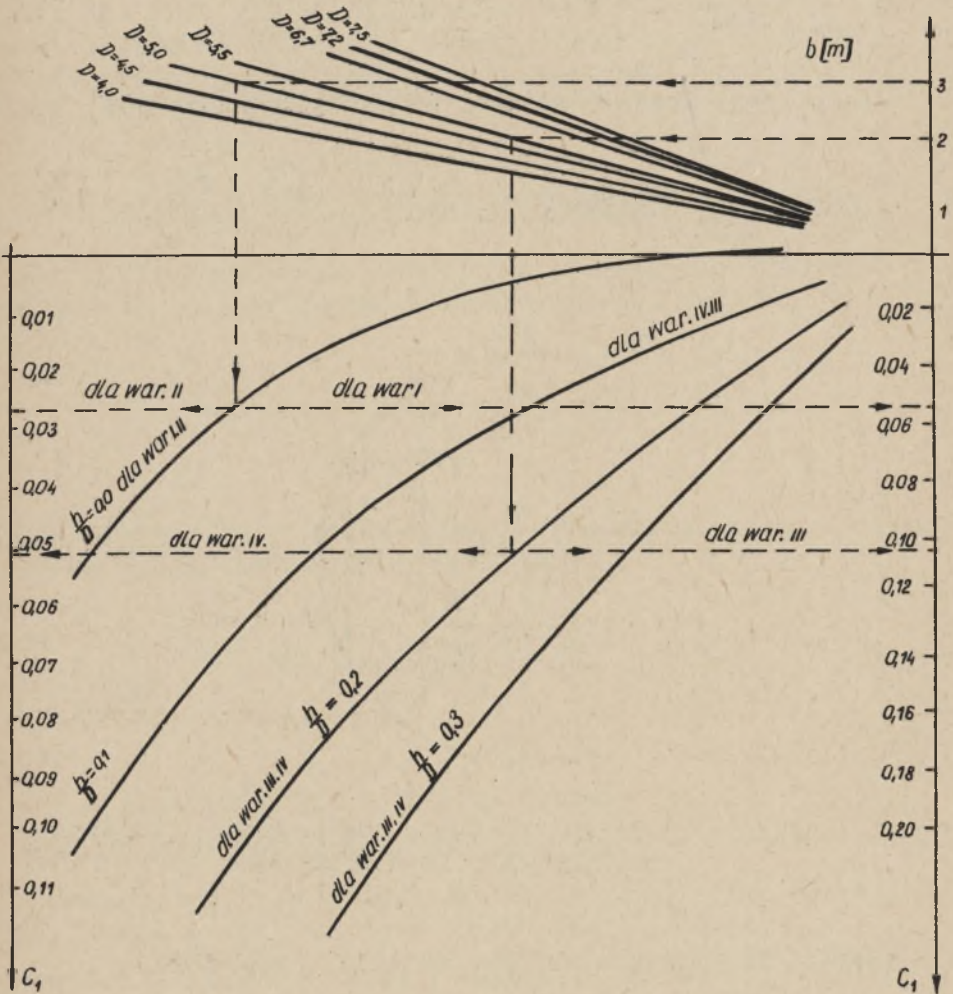
Rys.2. Warianty kształtu przekroju poprzecznego przedziału drabinowego w szybie kołowym

Wariant IV. Kształt opisany punktami 1-2-7-5-6-1

$$C_1 = \frac{1}{2 \cdot 180^\circ} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{b}{D}\right)^2 - \left(\frac{b}{D}\right)^4} + \frac{2bh}{\pi DD} \quad (7)$$

Dla wzorów 4, 5, 6, 7 sporządzono nomogram 1 (rys.3).  
Wartość

$$C_2 = \frac{S_2}{S_c} = \frac{ns}{S_c} \quad (8)$$



Rys.3. Nomogram 1. Określenie wartości  $C_1$  dla kołowego przekroju poprzecznego szybu i 4 kształtów poprzecznych przedziału drabinowego

Dla przewodników drewnianych

$$C_2 = 1,274 \frac{ch}{D^2} n \quad (9)$$

Dla przewodników szynowych

$$C_2 = 1,274 \frac{S'}{D^2} n \quad (10)$$

Dla przewodników linowych

$$C_2 = n \frac{d_2^2}{D^2} \quad (11)$$

gdzie:

$n$  - ilość przewodników

$S'$  - przekrój przewodnika

$c, h$  - wymiary poprzeczne przewodnika drewnianego

$d_2$  - średnica przewodnika linowego

Dla wyprowadzonych wzorów 9, 10, 11 sporządzono nomogramy 2, 3, 4 (Rys.4,5,6,7). Wartość

$$C_3 = \frac{S_3}{S_c} = n \frac{d_3^2}{D^2} \quad (12)$$

gdzie:

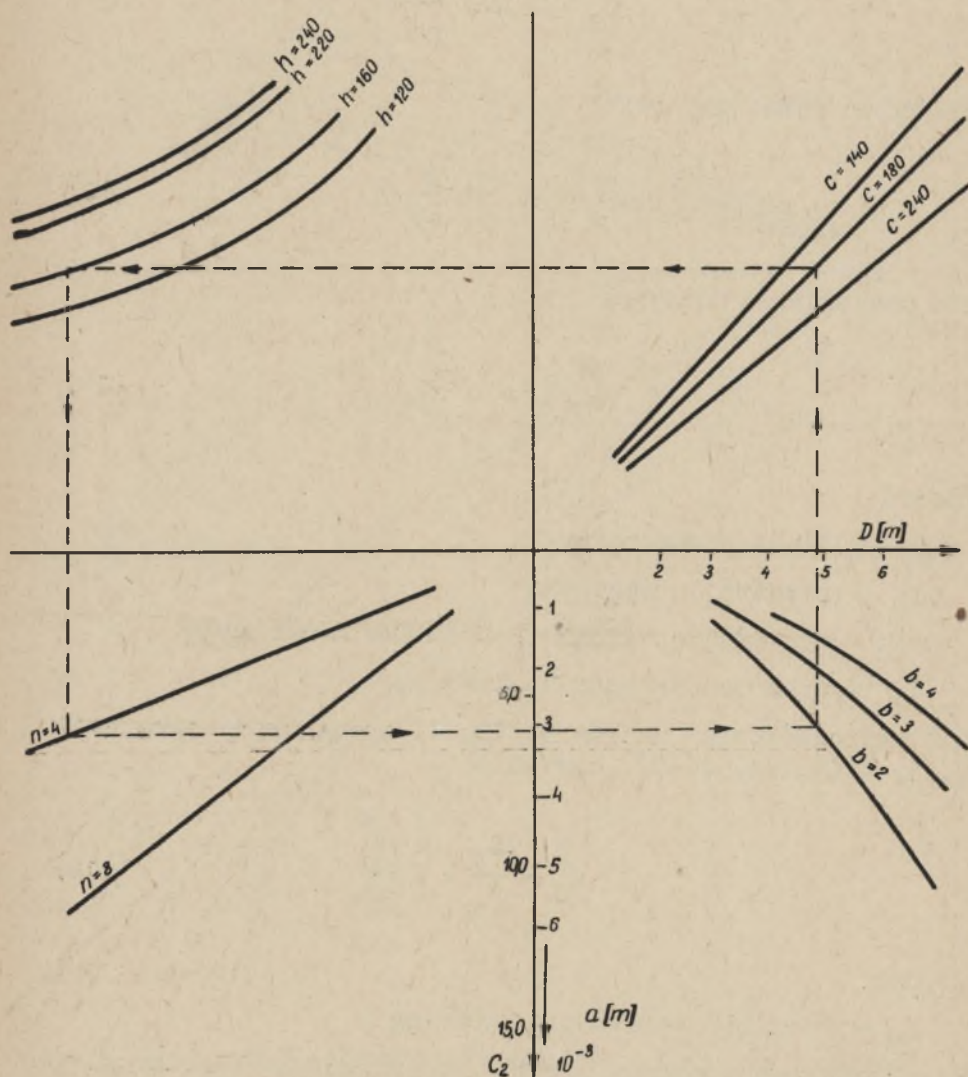
$d_3$  - średnica zewnętrzna rurociągu.

Przedstawiony nomogram 5 (rys.7) sporządzono dla rurociągów wodnych i sprężonego powietrza. Wartość

$$C_4 = \frac{S_4}{S_c} = n \frac{d_4^2}{D^2} \quad (13)$$

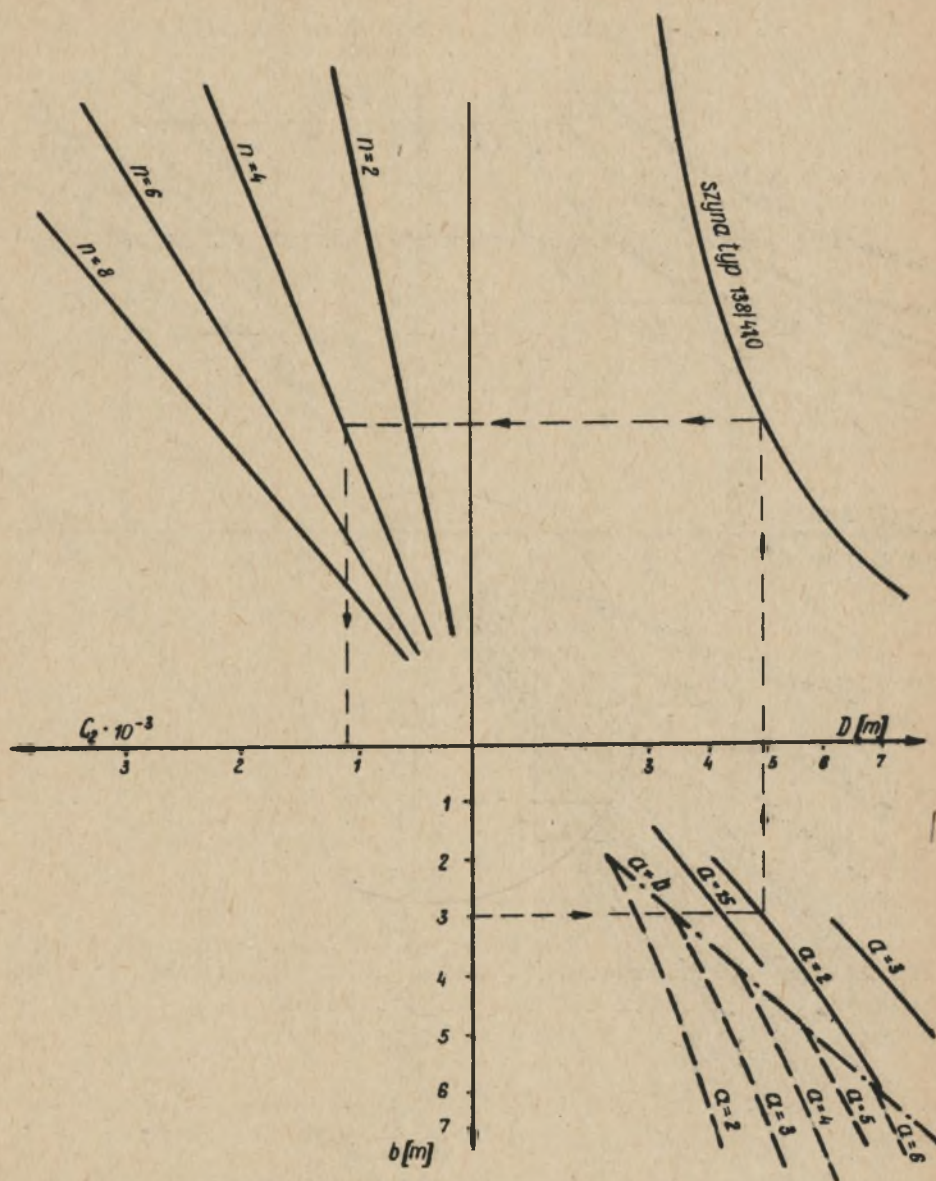
gdzie:

$d_4$  - średnica kabla.



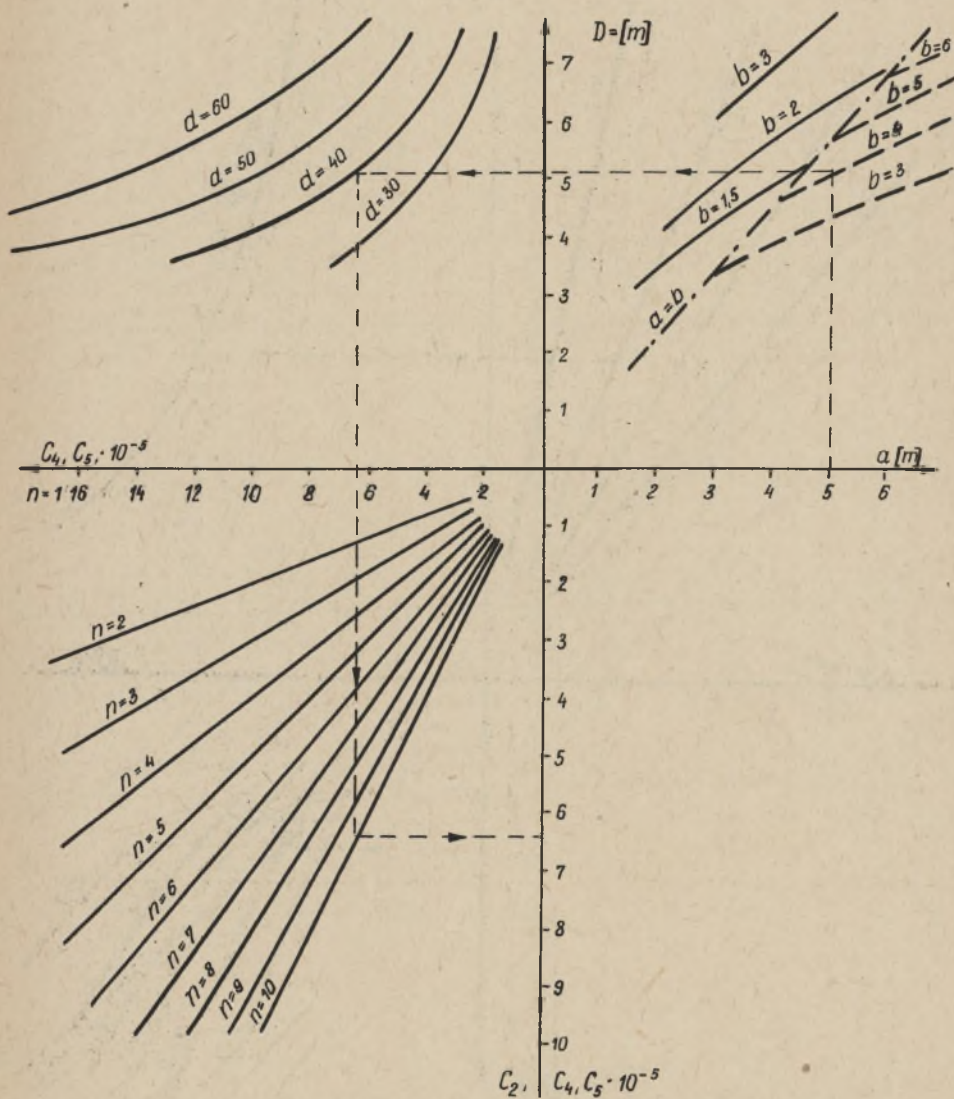
Rys.4. Nomogram 2. Określenie wartości  $C_2$  dla przekroju poprzecznego szybu kołowego, eliptycznego



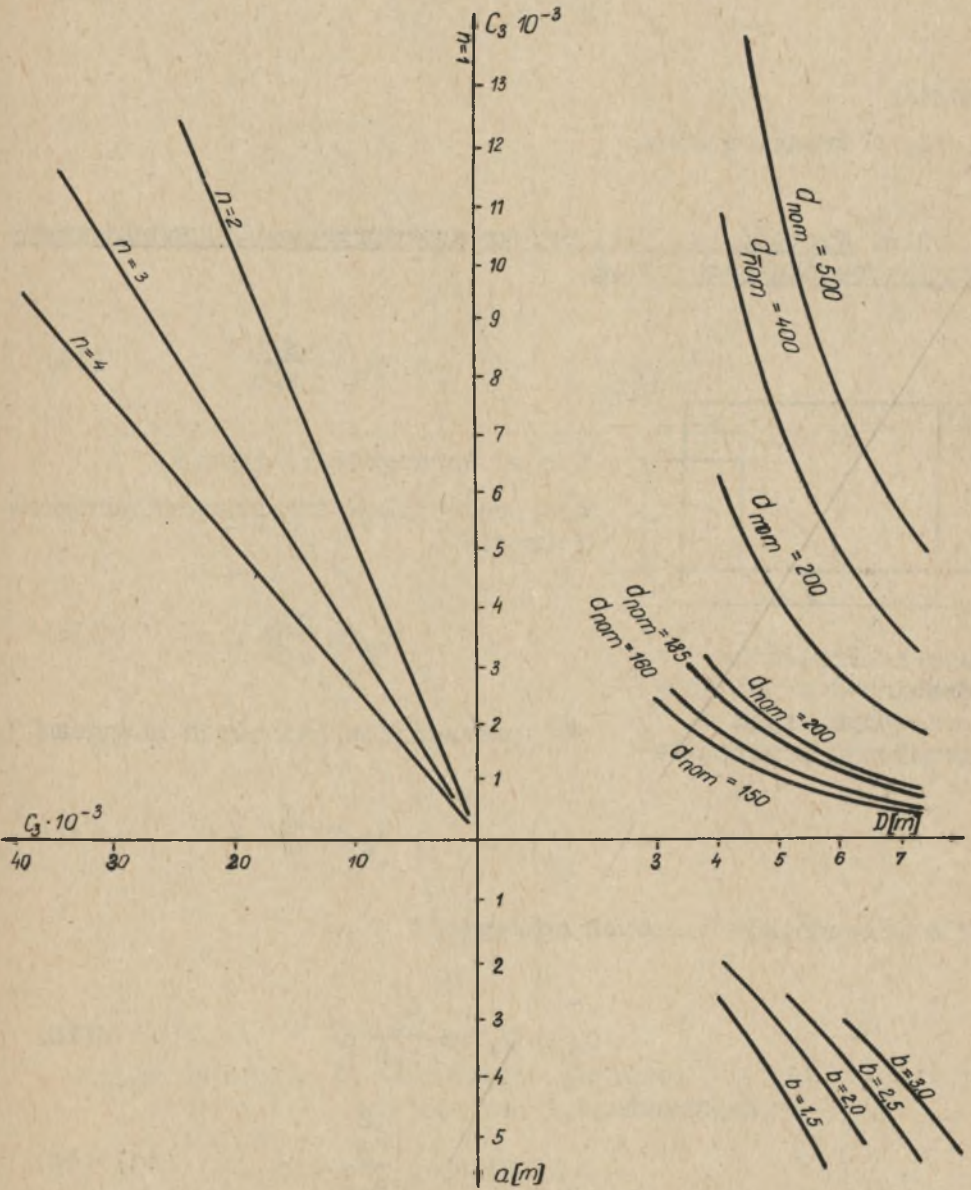


Rys.5. Nomogram 3. Określenie wartości  $C_2$  (dla przewodników szybowych) dla przekroju poprzecznego, kołowego, eliptycznego, prostokątnego i kwadratowego

———— dla przekroju kołowego i eliptycznego    - - - - - dla przekroju prostokątnego    - · - · - dla przekroju kwadratowego



Rys.6. Nomogram 4. Określenie wartości  $C_2$  (przewodniki liniowe),  $C_4$  i  $C_5$  dla przekroju poprzecznego szybu kołowego, eliptycznego, prostokątnego i kwadratowego



Rys.7. Nomogram 5. Określenie wartości  $C_3$  dla szybów kołowych i eliptycznych

Wartość

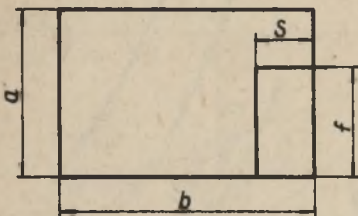
$$C_5 = \frac{S_5}{S_c} = n \frac{d_5^2}{D^2} \quad (14)$$

gdzie:

$d_5$  - średnica liny.

2.2. Wartość  $C_3$  dla przekroju poprzecznego, kwadratowego i prostokątnego rys.8

$$C_1 = \frac{S \cdot f}{a \cdot b} \quad (15)$$



$f \ll a$  (nomogram 6) (rys.9)

dla przewodników drewnianych nomogram 7 (rys.10)

Rys.8. Przedział drabinowy w polu poprzecznym szybu o przekroju prostokąta

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot h}{a \cdot b} \cdot n \quad (16)$$

dla przewodników stalowych nomogram 3

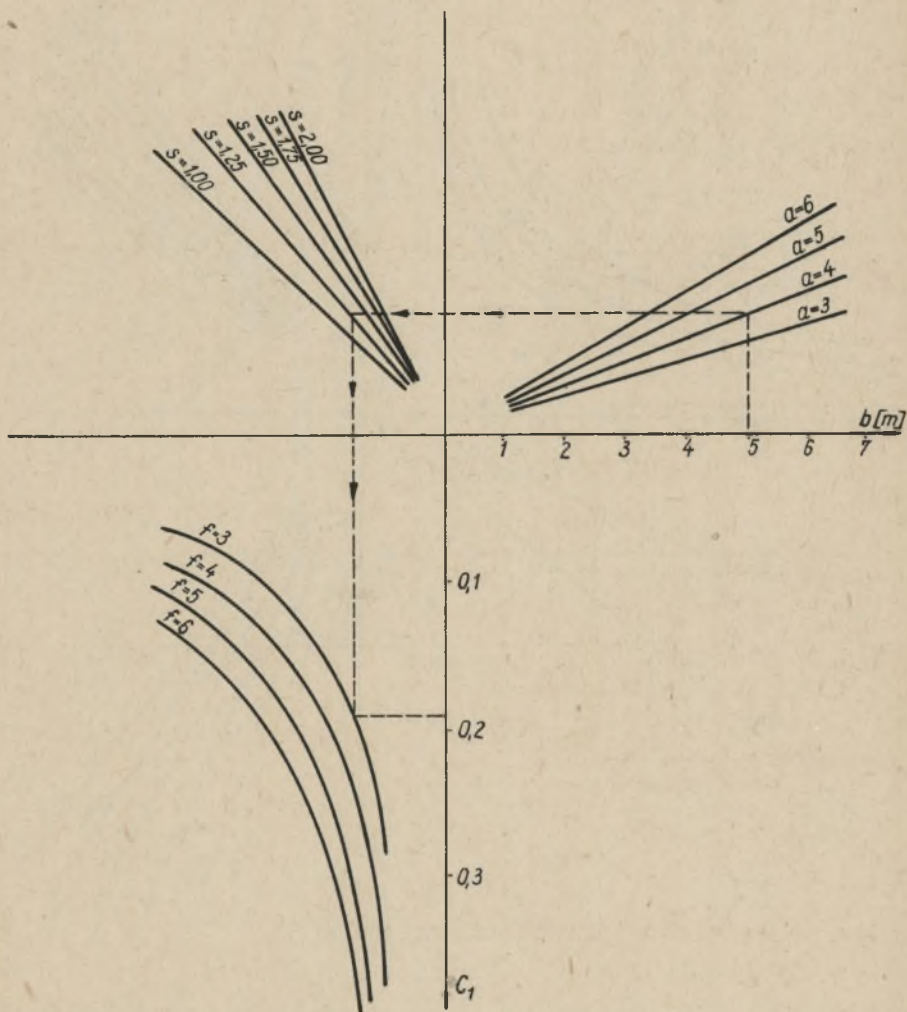
$$C_2 = \frac{S'}{a \cdot b} \cdot n \quad (17)$$

dla przewodników linowych nomogram 4

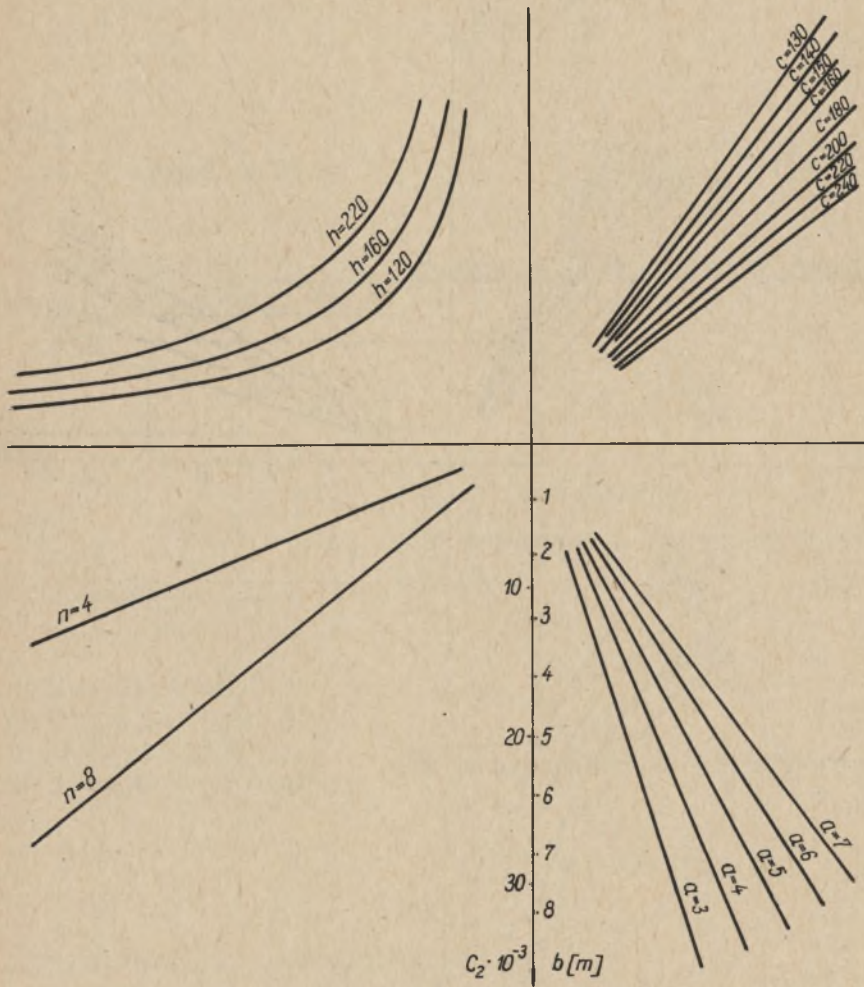
$$C_2 = 0,785 \frac{d_2^2}{a \cdot b} n \quad (18)$$

$$C_3 = 0,785 \cdot \frac{d_3^2}{a \cdot b} \cdot n \quad (19)$$

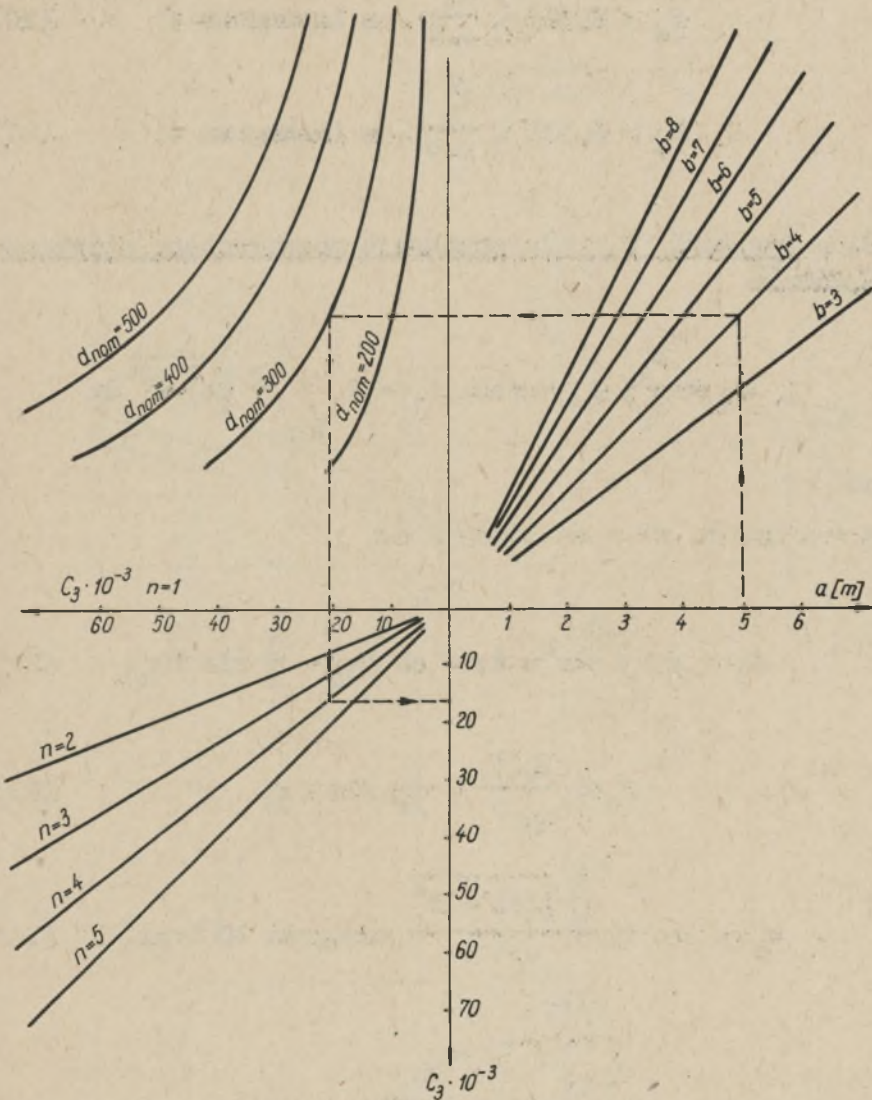
(nomogram 8) (rys.11).



Rys.9. Nomogram 6. Określenie wartości  $C_1$  dla szybów prostokątnych i kwadratowych



Rys.10. Nomogram 7. Określenie wartości  $C_2$  dla szybów prostokątnych i kwadratowych



Rys.11. Nomogram 8. Określenie wartości  $C_3$  dla sztywów prostokątnych i kwadratowych

$$C_4 = 0,785 \cdot \frac{d_4^2}{a \cdot b} \cdot n \text{ (nomogram 4)} \quad (20)$$

$$C_5 = 0,785 \cdot \frac{d_5^2}{a \cdot b} \cdot n \text{ (nomogram 4)} \quad (21)$$

2.3. Wielkość  $C_3$  dla przekroju poprzecznego eliptycznego rys.12

$$C_1 = \frac{S_1}{S_c}; \quad S_c = \pi ab; \quad S_1 = 2 \int_{a-s}^a \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} dx$$

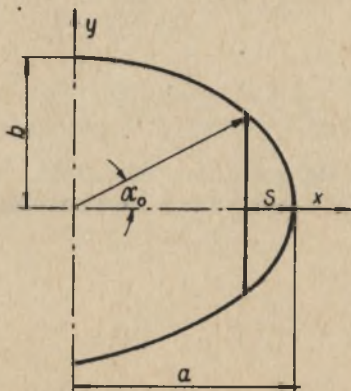
gdzie:

$$x = a \cos \alpha, \quad dx = -a \sin \alpha \cdot d\alpha$$

$$S_1 = 2ab \int_0^{\alpha_0} \sin^2 \alpha d\alpha = ab \left( \alpha_0 - \frac{1}{2} \sin 2\alpha_0 \right) \quad (22)$$

$$C_1 = \frac{\alpha_0 [^\circ]}{180^\circ} - \frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha_0 \quad (23)$$

$$\alpha_0 = \arctg \frac{\frac{b}{a} \sqrt{2aS - S^2}}{a - s} \text{ nomogram 10 (rys.13)} \quad (24)$$

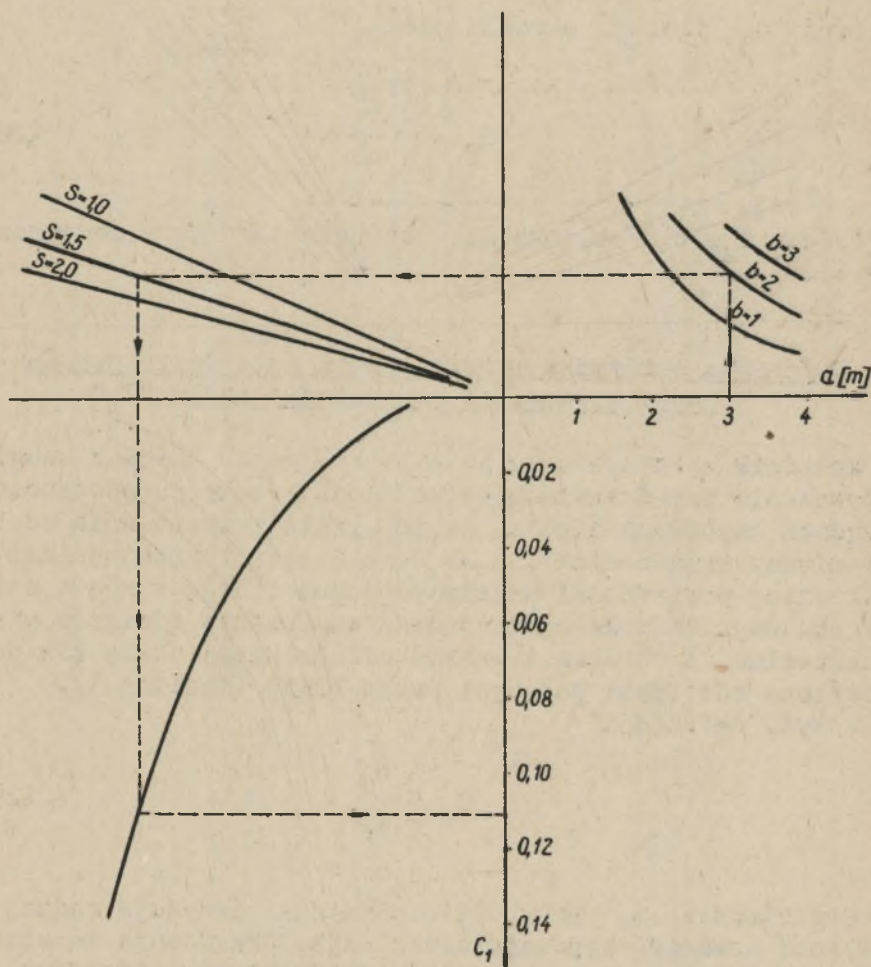


Rys.12. Przedział drabinowy w polu poprzecznym szybu eliptycznego



dla przewodników drewnianych (rys.4)

$$C_2 = n \frac{c \cdot h}{x \cdot a \cdot b} \quad (25)$$



Rys.13. Nomogram 10. Określenie wartości  $C_1$  dla szybów eliptycznych

dla przewodników stalowych (rys.5)

$$C_2 = n \frac{s'}{x_{ab}} \quad (26)$$

dla przewodników linowych (rys.6)

$$C_2 = \frac{n}{4} \cdot \frac{d_2^2}{ab} \quad (27)$$

Wartość  $C_3$  (rys.7) określa wzór

$$C_3 = \frac{n}{4} \frac{d_3^2}{ab} \quad (28)$$

Wartości  $C_4$ ,  $C_5$  oblicza się podobnie jak  $C_3$  (nomogram 4, rys.6).

### 3. Definicja wskaźnika wykorzystania pola poprzecznego szybu z uwagi na wyposażenie szybu "C"

Wskaźnik wykorzystania pola poprzecznego szybu z uwagi na wyposażenie przedstawia stosunek pola przekroju poprzecznego urządzeń szybowych i pola, jakie wynika z zachowania odstępów między urządzeniami, a obudową i samymi urządzeniami do całkowitej powierzchni przekroju poprzecznego szybu w świetle obudowy. Za pole wynikające z zachowania odstępów między urządzeniami a obudową i samymi urządzeniami uważa się pole określone odstępami podanymi przez PTEKW (tablica 1).

W myśl definicji

$$C_w = \frac{S_u}{S_c} \quad (29)$$

O wielkości  $C_w$  przy  $S_c = \text{constans}$  decyduje rodzaj i wielkość urządzeń wyposażających szyb. Urządzenia te stanowią: naczynia wydobywcze, przedział drabinowy, dźwigary, przewodniki, rurociągi, kable i inne. Można więc napisać, że:

$$C_w = \frac{S_0}{S_c} + \frac{S_1}{S_c} + \frac{S_6}{S_c} + \frac{S_7}{S_c}$$

Tablica 1

Dopuszczalne odstępy między najskrajniejszą wyściętną częścią maszyni maosyni wydobywczycch, a obudową i belkami szczybowymi w szczybach pionowych

		R o d z a j o b u d o w y s z c y b u							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		drewniana	betonowa mur z cegły	betonowa mur z cegły	drewniana	betonowa mur z cegły	b	c	betonowa mur z cegły
Rozmieszczenie i rodzaj usbrojenia.		drewniane i żelazne z przewodnikami- przewodn. po- jedynos. lub po obu stro- nach	żelazne z przewodnika- przewodnikami mi pojedynoz. lub po obu stronach	drewniane z przewodnikami	między na- czyniami nie ma bel- ki szczybowej	belki szczybowe drewniane i żelazne bez przewodników	przewodniki po obu stro- nach	drewniane oszłone	przewodniki linowe
Oznaczenie od- stępu		poniędzy maszyniami a obudową	200	200	200	poniędzy na- czyniami a belkami szczy- bowymi	poniędzy belkami szczybowymi i częściami maszyni od- dalonych od osi prowad- nika do 750 mm	poniędzy belką szczy- bową, do której jest umocowany przewodnik, a belkę	poniędzy obu- dową a klatka- między poru- szającymi się naczyniami
Minimalny od- stęp		200	150	200	200	150	40	50	200 250+H:2
<p><u>U w a g i:</u> w wypadku ciśniego rozmieszczenia maszyni w szybie o usbro- jeniu drewnianym dopuszczalny jest odstęp nie &lt; 150 mm przy oszłowych przewodnikach, a przy bocznych odstęp taki można zastosować wówczas, gdy wystające części maszyni są oddalone od osi przewodników więcej niż o 1 m</p>									
<p>H - głębokość szybu w m</p>									

lub

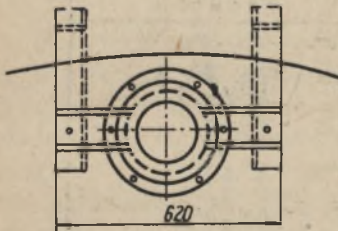
$$C_w = C_0 + C_1 + C_6 + C_7 \quad (30)$$

gdzie:

$S_0$  - przedstawia pole będące sumą: pola poprzecznego naczyń wydobywczych pola poprzecznego przewodników, pola zajętego przez dźwigary do których przymocowane są przewodniki, pola wynikającego z zachowania odstępów podyktowanych przepisami i względami ruchu.

#### 4. Sposób obliczania wielkości $C_w$

Obliczanie wartości  $C_w$  sprowadza się do znalezienia podwskaźników we wzorze 30 i do ich zsumowania. Wielkość  $C_1$  określa się na podstawie nomogramów (rys. 3, 9, 13). Wartość  $C_6$  przy  $S_c = \text{const.}$  zależy od średnicy i ilości rurociągów oraz od ich sposobu umocowania w szybie.



Rys. 14. Schemat rozmieszczenia i zamocowania rurociągów w przekroju szybu

Na rys. 14 pokazano w przekroju poprzecznym szybu pole zajmowane przez rurociągi wraz z umocowaniem. Rys. 15, 16, 17, 18 podają sposoby zamocowania w szybie kabli elektrycznych. Wymiary uchwytu wykonane z twardego drzewa podaje tablica 2, tablica 3 podaje wielkości umocowania kabla w uchwycie żeliwnym.

Na podstawie tablicy 2 i 3 sporządzono tablicę 4 i 5 zawierające wielkości pola  $S_7$  w zależności od: sposobu umocowania, wielkości średnicy, ilości umocowanych kabli. Dla ułożenia tablicy 4 przyjęto, że pole  $S_7$  posiada kształt prostokąta o bokach  $(120 + nb + (n-1) 10) (a + a_1 + 30 \frac{d_1}{2})$

gdzie:

$n$  - ilość zamocowanych kabli

$d_1$  - średnica kabla w mm

30 mm - przyjęta wysokość śruby ponad uchwytem.

Tablica 2

Wymiary uchwytów do umocowania kabli sztybowych

Średnica kabla	Wymiary w mm						
	a	a <sub>1</sub>	b	c	d	e	f
25	25	45	85	150	75	42	3/8"
35	30	52	95	180	90	52	3/8"
45	40	65	110	200	100	64	3/8"
55	50	80	130	200	100	76	1/2"
70	60	90	150	220	110	92	1/2"
95	70	105	170	250	125	114	1/2"

Tablica 3

Wymiary uchwytu żeliwnego do umocowania pojedynczego kabla w szybie

Średnica kabla	Wymiary w mm						
	a	b	c	d	e	f	h
25	60	-	15	3/8"	85	30	37
25	75	-	15	3/8"	100	45	48
45	90	-	15	3/8"	115	55	61
55	102	32	15	3/8"	135	70	74
65	117	42	17	3/8"	150	80	87
75	128	48	18	1/2"	160	95	98
85	142	52	18	1/2"	175	105	108
95	153	60	23	1/2"	190	120	119

Tablica 4

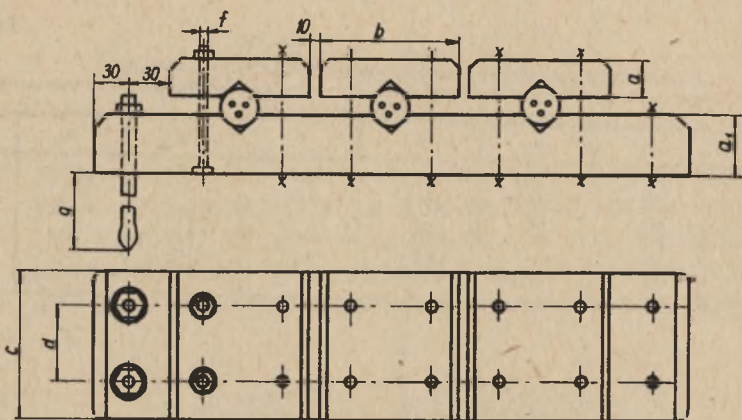
Powierzchnia zajęta przez kable elektryczne (cm<sup>2</sup>)  
 n - ilość umocowanych w uchwycie drewnianym kabli, d - średnica kabla

n \ d	25 mm	35 mm	45 mm	55 mm	70 mm	95 mm
1	95,2	123,5	172,5	243,0	322,3	428,0
2	336,0	412,8	548,4	729,3	924,5	1183,0
3	442,4	548,2	737,8	991,1	1268,5	1636,0
4	548,8	683,6	926,2	1252,9	1612,5	2089,0
5	655,2	819,0	1114,6	1514,7	1956,5	2542,0
6	761,6	954,4	1303,0	1776,5	2300,5	2995,0

Tablica 5

Powierzchnia S<sub>7</sub> (cm<sup>2</sup>) zajęta przez jeden kabel  
 w uchwycie żeliwnym (średnica d w mm)

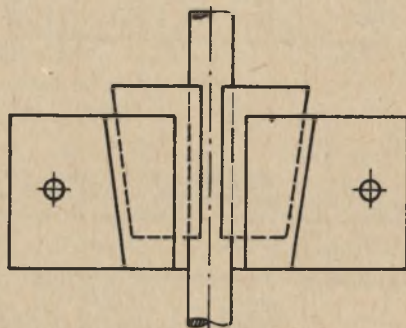
Średnica d	25	35	45	55	65	75	85	95
S <sub>7</sub>	44,2	63,0	87,4	120,1	156,0	185,5	220,3	269,8



Rys.15. Schemat uchwyty drewnianego do mocowania kilku kabli

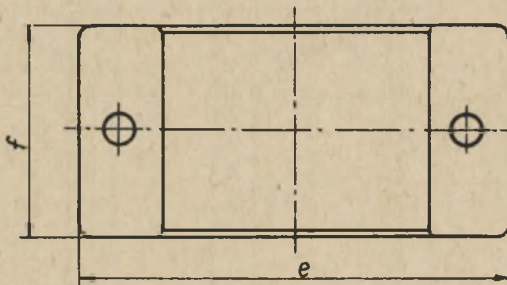
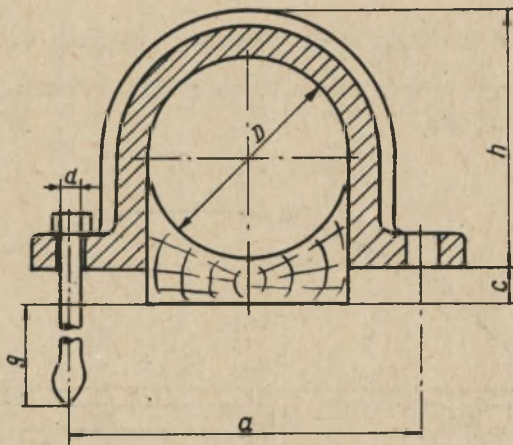


Rys.16. Schemat uchwyty żelaznego do umocowania kabla



Rys.17. Schemat umocowania kabla

Dla ułożenia tablicy 5 przyjęto, że pole  $S_7$  posiada kształt prostokąta o bokach  $e(h+c)$ . Przyjęty do obliczeń prostokątny kształt pola  $S_7$  i  $S_6$  opisany na najbardziej skrajnych częściach uchwyty tłumaczy tym, że różnica między tym polem, a polem rzeczywiście zajęтым przez uchwyty jest praktycznie nie do wykorzystania.



Rys.18. Schemat umocowania kabla

#### 4.1. Określanie $C_0$ dla przekroju kołowego

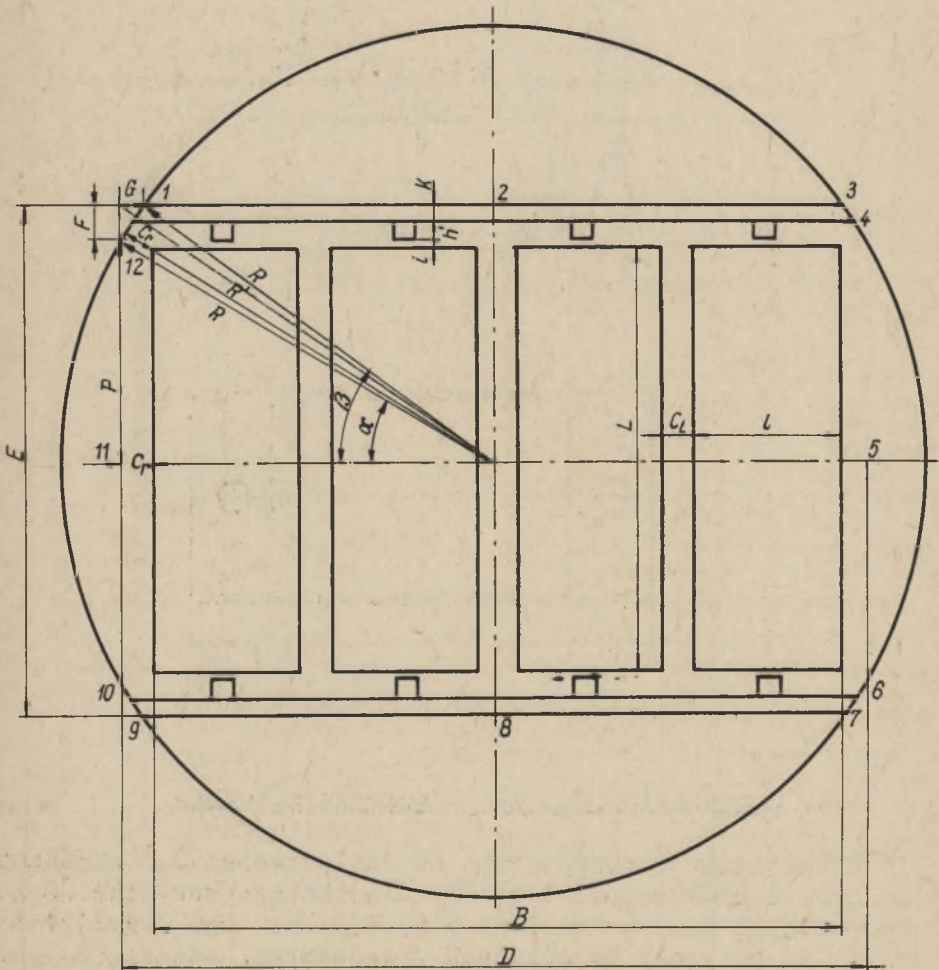
Rozwiązanie sprowadza się do znalezienia  $S_0$  oznaczonego na rys.19 punktami od 1 do 12. Dla takiego kształtu  $S_0$  i konkretnych danych (tablica 6) obliczono  $C_w$ . Z wyliczeń wynika, że przyjęty do obliczeń prostokątny kształt  $S_0$  nie przynosi dużego błędu. Uproszczenie to przyjęto w dalszych obliczeniach dla wariantów tarcz szybowych pokazanych w tablicy 6 i 7. Szukana funkcja posiada postać:

$$S_0 = f(n, L, l, C_1, c_r, K, h, i)$$

gdzie:

$n$  - ilość naczyń wydobywczych (2 lub 4)

$h$  - wymiar poprzeczny prowadnika pomniejszony o wielkość podcięcia.



Rys.19. Przekrój poprzeczny szybu kołowego wraz z wyposażeniem w 4 naczynia wydobywcze

Na rys.19 przyjęto odstęp między naczyniem wydobywczym, a prostą 11-12 równy odstępowi między naczyniem a obudową szybu. Równość tę przyjęto na podstawie konfrontacji w przy-



Tablica 6

Zestawienie rozwiązań tarczy szybowej (wymiary w m)  
(dźwigary drewniane dotyczą szybu prostokątnego i kwadratowego)

Wariant wyposażenia	I	II	III	IV
Klatka	2.3, 55.1, 12	2.3, 55.1, 12	2.3, 55.1, 12	2.3, 40.1, 35
Prowadniki drewniane	4.0, 18.0, 16	4.0, 18.0, 16	4.0, 18.0, 16	4.0, 18.0, 16
Dźwigary metalowe	I 30 k = 0, 125	I 30 k = 0, 125	I 30 k = 0, 125	I 30 k = 0, 125
Dźwigary drewniane	0, 18.0, 20	0, 18.0, 20	0, 18.0, 20	0, 18.0, 20
Przedział drabinowy	1	--	--	--
Rurociągi	2.d.d = 0, 300	2.d.d = 0, 300	--	--
Kable elektryczne	4.d.d = 0, 052	4.d.d = 0, 052	4.d.d = 0, 052	4.d.d = 0, 052
Liny wycią- gowe	2.d.d = 0, 050	2.d.d = 0, 050	2.d.d = 0, 050	2.d.d = 0, 050

padku 5 i 2 (tablica 1). Z rys.19 wynika, że

$$S_0 = DE - 4 \frac{FG}{2} = DE - 2FG \quad (31)$$

W przypadku transgresji układu osi przedziału wydobywczego względem układu osi poziomych szybu wzór będzie posiadał postać:

$$S_0 = DE - FG \quad (32)$$

Po wstawieniu wartości z rys.21

$$S_0 = DE - 2 \left( \frac{E}{2} - p \right) \left( \frac{D}{2} - R \cos \beta \right) \quad (33)$$

$$S_0 = DE - \left[ E - 2 \sqrt{R^2 - \left( \frac{D}{2} \right)^2} \right] \left( \frac{D}{2} - \sqrt{R^2 - \left( \frac{E}{2} \right)^2} \right) \quad (34)$$

#### 4.2. Określenie $C_0$ dla przekrojów pozostałych

Znając parametry charakteryzujące przedział wydobywczy można obliczyć  $S_0$  dla różnych kształtów przekroju poprzecznego szybu. Obliczenie przeprowadza się podobnie do opisanego w poprzednim rozdziale. W przypadku bocznego usytuowania przewodników drewnianych  $S_0$  dla przekrojów prostokątnych i kwadratowych wyniesie:

$$S_0 = (L+2cr) \cdot (2l+3K+4h+4i) \quad (\text{rys.19}) \quad (35)$$

dla przewodników czołowych

$$S_0 = (L+2K+2h+2i) \cdot (2cr+2L+c'_1) \quad (36)$$

We wzorze (36)  $2cr$  przedstawia odstęp między naczyniem wydobywczym, a obudową (drewnianą), który jest równy odstępowi pomiędzy dwoma poruszającymi się naczyniami.  $c'_1$  oznacza odstęp pomiędzy naczyniem wydobywczym, a przedziałem drabino-

wym. Szyb bez przedziału drabinowego; za  $c_1$  przyjmuje się  $C_T$ . Wielkości odstępów (tablica 1) zależnie od rodzaju obudowy, rozmieszczenia i rodzaju uzbrojenia będą uwzględniane w dalszych rozważaniach.

## 5. Analiza wielkości wskaźników

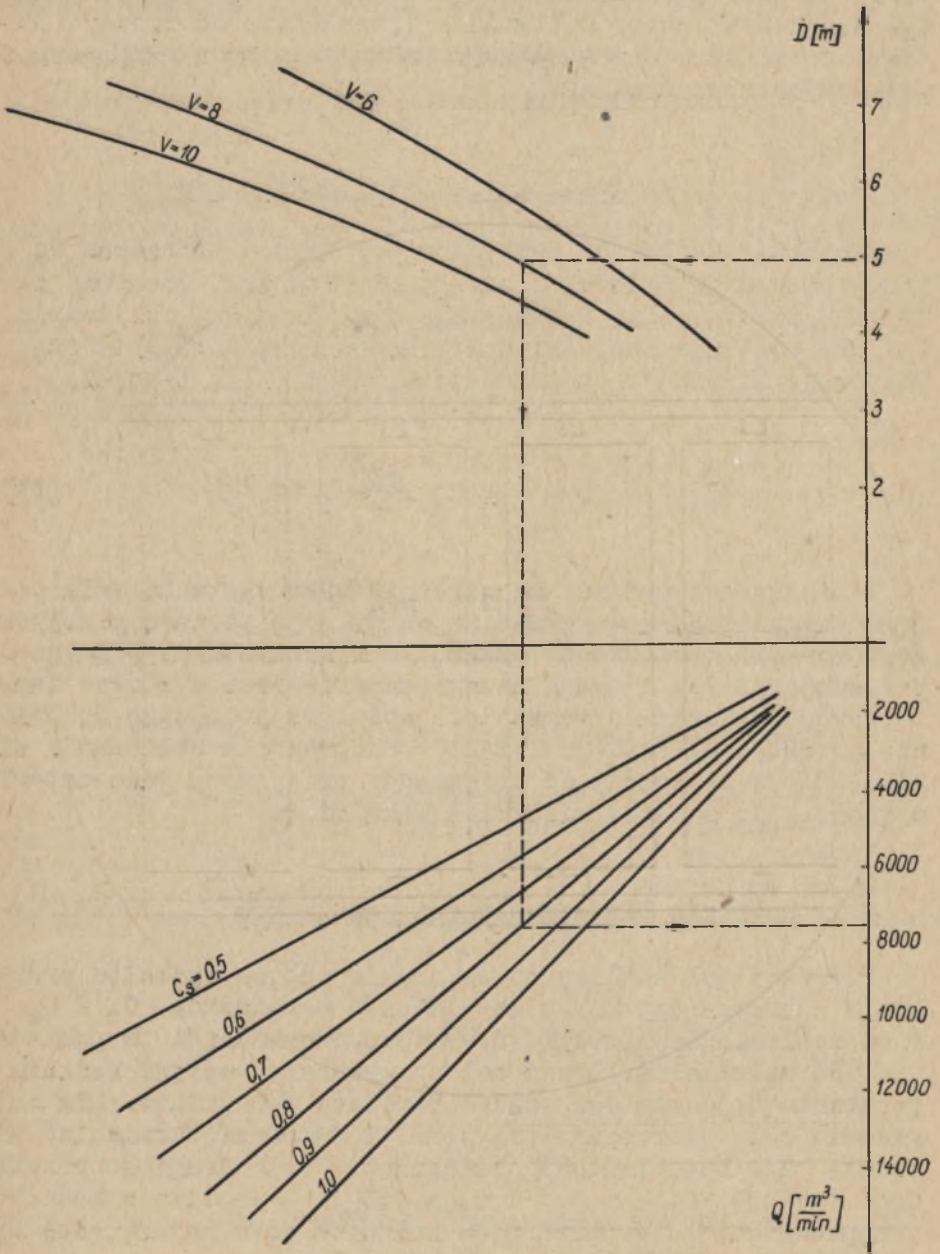
Znajomość zdolności wentylacyjnej szybów potrzebna do przeprowadzenia żądanej ilości powietrza jest powodem, dla którego podano wzory i nomogramy umożliwiające obliczenie  $C_S$  dla możliwie wszystkich wariantów rozwiązania tarczy szybowej. Zależność tę przedstawia wzór (37); (rys.20)

$$Q = v \cdot C_S \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot 60 \quad (37)$$

Z powyższego wynika, że wskaźnik wykorzystania pola poprzecznego szybu ze względu na wentylację posiada praktyczne zastosowanie. Obliczanie wskaźnika wykorzystania pola poprzecznego szybu z uwagi na wyposażenie jest w sferze teoretycznych rozważań na temat możliwości racjonalnego wykorzystania przestrzeni szybowej. Fakt ten ogranicza obliczanie wskaźnika  $C_W$  w tej pracy do przykładów przyjętych jako materiał wyjściowy do analizy wielkości wskaźników.

### 5.1. Kryteria porównywalności wskaźników

Pierwszy cel analizy to wykazanie wpływu kształtu przekroju poprzecznego szybu na wielkość wskaźników  $C_S$  i  $C_W$  oraz znalezienie kształtu dla którego wskaźniki te posiadają wartość maksymalną. Drugi cel to wykazanie wpływu rodzaju wyposażenia dającego maksymalne wartości wskaźników. Dla osiągnięcia celu pierwszego przyjęto  $S_U = \text{const}$ , zmieniać się będzie  $S_C$ . Natomiast dla osiągnięcia celu drugiego przebadano funkcję  $C_S = f(S_C)$  i  $C_W = f(S_U)$ , a analizę wskaźników przeprowadzono dla przekrojów kołowych jako najczęściej występujących w budownictwie szybowym.



Rys.20. Nomogram 11. Wpływ wskaźnika  $C_s$  na ilość przepływającego przez szyb powietrza

## 5.2. Przyjęcie do analizy wariantów rozwiązań tarczy szybowej

Ustalając do analizy warianty tarczy szybowej ( $C_S$ ,  $C_W$ ) zwrócono uwagę by dały one pełną ocenę kształtowania się tych wskaźników; wykorzystano w tym celu katalogi tarcz szybowych P.B.Sz. w Bytomiu. Tablica 6 zawiera materiał do analizy wskaźników wg funkcji  $C_S = f(S_C)$  i  $C_W = f(S_C)$ , a tablica 7 dla funkcji  $C_S = f(S_S)$  i  $C_W = f(u)$ . W analizie wzięto pod uwagę przedział drabinowy, gdy  $a$  - włazy pomostowe leżą w linii pionowej,  $b$  - włazy i drabiny są względem siebie przesunięte,  $c$  - drabiny pionowe. Przedziały drabinowe  $a$  i  $b$  odnoszą się do drabin nachylonych. Zależnie od kształtu przekroju poprzecznego szybu przepisy podają minimalne wymiary przedziału drabinowego. Racjonalnym jest przedział drabinowy w kształcie prostokąta, który również przyjęto w szybach kołowych ponieważ i tak reszta pola w przekroju szybu kołowego jest niewykorzystana. Przyjęto również jednakowe przekroje liny nośnej i wyrównawczej. Uproszczenie to nie może mieć ujemnego wpływu na wyniki, gdyż wartość  $C_S$  jest bardzo mała.

## 5.3. Obliczenie wskaźników dla ustalonych wariantów rozwiązań tarczy szybowej

Urządzenia wyposażające szyb w różnych wariantach wraz z odstępami ruchowymi podaje tablica 1. Po obrysowaniu zestawu urządzeń odpowiednim kształtem przekroju poprzecznego szybu oblicza się wskaźniki  $C_S$  i  $C_W$ , posługując się poprzednio podanymi wzorami i nomogramami.

### 5.3.1. Wskaźniki $C_S$ , $C_W$ według wariantu 1 (tablica 6)

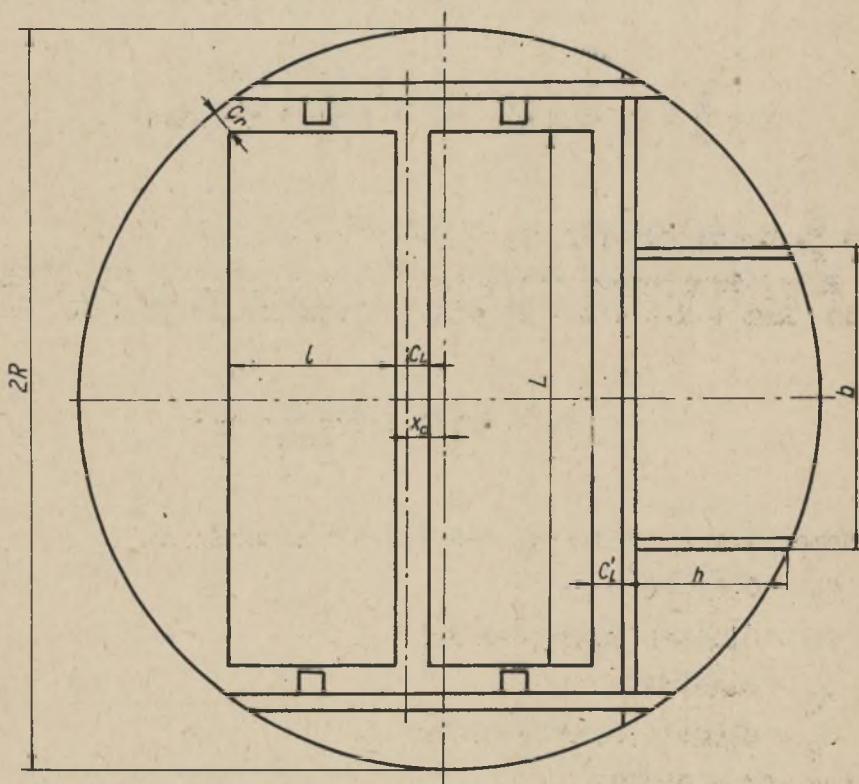
#### 5.3.1.1. Dla przekroju kołowego (rys.21)

$$C_S = 1 + C_1 - C_2 - C_3 - C_4 - C_5 \quad (3)$$

$$C_1 = \frac{1}{180^\circ} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{1}{\pi} \sqrt{\left(\frac{b}{D}\right)^2 - \left(\frac{b}{D}\right)^4} + \frac{4}{\pi} \cdot \frac{b}{D} \cdot \frac{h}{D} \quad (14)$$



Przyjęto parametry przedziału drabinowego "a": rozstaw pomostów w pionie - 6,25 m, wymiar otworu w kierunku drabiny - 0,7 m, wymiar otworu w kierunku szerokości drabiny - 0,6 m, szerokość drabiny 0,4 m, odstęp między podstawą drabiny a przepierzeniem 0,1 m, odstęp między podstawą drabiny a ścianą boczną 0,6 m, nachylenie drabiny -  $80^\circ$ , wysokość drabiny nad pomostem . . 1 m.



Rys.21. Przekrój poprzeczny szybu kołowego wyposażony w dwa naczynia wydobywcze

Podłużny wymiar przedziału drabinowego wynosi:

$$b = 0,6 + 6,25 \cdot \text{ctg } 80^\circ + \text{ctg } 80^\circ = 1,878 \text{ m}$$

Wymiar przedziału w kierunku szerokości drabiny

$$h = 0,1 + 0,4 + 0,6 = 1,1 \text{ m}$$

Średnicę szybu określa się przez wstawienie do równania okręgu  $x^2 + y^2 = R^2$  punktów o współrzędnych:

$$x = x_0 + \frac{C_1}{2} + 1 + C_r \cos 45^\circ$$

$$y = \frac{1}{2} + C_r \sin 45^\circ \quad \text{i} \quad x = \frac{C_1}{2} + 1 + C'_1 + h - x_0$$

$y = \frac{b}{2}$ , po wyliczeniu  $x_0 = 0,24 \text{ m}$ ,  $R = 2,44 \text{ m}$ .

Przyjęto promień znormalizowany  $R = 2,5 \text{ m}$ . Dla obliczonych  $R \cdot h$  i  $b$  odczytuje się z nomogramu 1;  $C_1 = 0,126$ ;

$$C_2 = 1,274 \cdot \frac{c \cdot h}{D^2} \cdot n \quad (7)$$

Z nomogramu 2 odczytuje się dla wariantu I

$$C_2 = 0,00586$$

$$C_3 = 0,0072 \quad (\text{nomogram 5})$$

$$C_4 = 0,000433$$

$$C_5 = 0,0002 \quad (\text{nomogram 4})$$

zatem  $C_s = 0,8603$

$$C_w = C_0 + C_1 + C_6 + C_7 \quad (30)$$

$$C_0 = \frac{S_0}{S_c}; \quad S_0 = DE - FG \quad (32)$$



Przyjęto  $K = 0,125$  (dwuteownik I 30 - przyjęto z katalogu tarcz szybowych PBSz - Bytom),  $h = 0,14$  m (wielkość podcięcia przewodnika przyjęto 2 cm),  $i = 0,03$  m (grubość ścianki ślizgowej przewodnicy + odstęp między tą ścianką a przewodnikiem - "Głębienie szybów" - Pokrowski; PTEKW).

$$C_r = 0,150 \text{ m}$$

$$C_1 = 0,20 \text{ m}$$

Pozostałe wielkości zawarte są w tabelicy 6.  
Korzystając ze wzorów:

$$D = B + 2 C_r$$

$$F = \frac{E}{2} - p \quad (\text{rys.21})$$

otrzymuje się:

$$H = i + h + K = 0,295 \text{ m}; \quad R' = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = 2,154 \text{ m}$$

$$B = n \cdot 1 + (n-1) C_1 = 2,44; \quad R = R' + C_r = 2,304 \text{ m}$$

$$D = 2,74 \text{ m}; \quad \cos \alpha = \frac{D}{2R} = 0,595$$

$$E = L + 2H = 4,14 \text{ m}; \quad \sin \beta = \frac{E}{2R} = 0,900$$

$$p = R \sin \alpha = 1,852$$

$$G = \frac{D}{2} - R \cos \beta = 0,366 \text{ m}; \quad F = \frac{E}{2} - p = 0,218 \text{ m}$$

$$S_o = DE - 2 \left(\frac{E}{2} - p\right) \cdot \left(\frac{D}{2} - R \cos \beta\right) = 11,264 \text{ m}^2$$

$$C_o = 0,574$$

$$C_1 = 0,1121$$

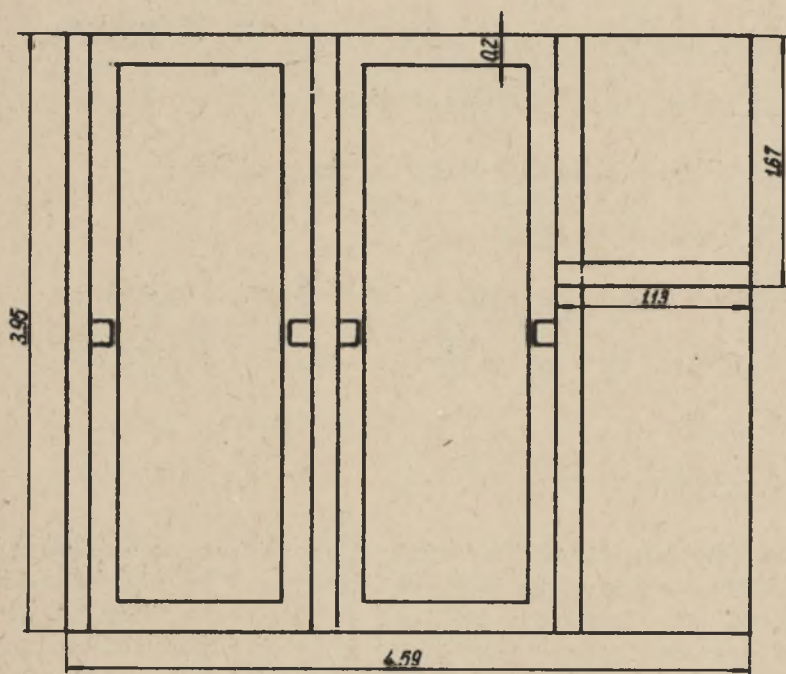
Mimo, że przedział drabinowy jest zawsze o kształcie prostokątno-łukowym (w szybach kołowych) to dla obliczeń wskaźnika  $C_w$  przyjęto go jako prostokątny, uzasadniając ten fakt w ten sposób, że gdyby przekrój poprzeczny szybu pomniejszyć o różnicę pól tych 2 przedziałów (odcinek koła) to nie miałyby to wpływu na pomniejszenie powierzchni użytecznej.  $C_6$  łącznie z zamocowaniem zajmuje powierzchnię  $0,620 \times 0,620$  m. W przypadku dwóch rurociągów  $S_6 = (2 \cdot 0,620 +$

$$+ 0,10) \cdot 0,620 = 0,831 \text{ m}^2 \text{ wówczas } C_6 = \frac{4 \cdot 0,83}{\pi \cdot 25} = 0,0423;$$

$$C_7 = \frac{4 \cdot 0,125}{\pi \cdot 25} = 0,00639. \text{ Suma podwskaźników } C_w = 0,73479.$$

### 5.3.1.2. Dla przekroju prostokątnego

Typowe dla tego przekroju są obudowa i dźwigary drewniane. Wielkość przedziału drabinowego w tym przypadku jest mniejsza, gdyż pionowy odstęp między pomostami drabinowymi wynosi 4 m. Pozostałe wymiary przedziału drabinowego wynoszą:  $b = 0,6 + 4 \operatorname{ctg} 80^\circ + \operatorname{ctg} 80^\circ = 1,48 \text{ m}$ . Po uwzględnieniu grubości desek przepierzenia od strony przedziału rurowego  $0,03 \text{ m}$  i o wymiar dźwigara pomocniczego  $0,16$ , zatem  $b = 1,67 \text{ m}$ . Szerokość przedziału  $h = 0,03 + 0,1 + 0,4 + 0,6 = 1,13 \text{ m}$ .



Rys.22. Przekrój poprzeczny szybu prostokątnego wyposażony w dwa naczynia wydobywcze

$$S_c = 3,95 \cdot 4,59 = 18,13 \text{ (rys.22)}; \quad C_1 = \frac{S_1}{S_c}$$

$S_1 = 1,51 \cdot 1,13 = 1,7063 \text{ m}^2$  - gdyż wspólny dźwigar dla rurociągu i przedziału drabinowego nie pomniejsza strugi powietrza.

$$c_1 = \frac{1,7063}{18,13} = 0,0941$$

$$c_2 = \frac{4 \cdot 0,18 \cdot 0,16}{18,13} = 0,00635 \text{ (nomogram 7)}$$

$$c_3 = 0,00877 \text{ (nomogram 8)}$$

$$c_4 = 0,000468 \text{ (nomogram 4)}$$

$$c_5 = 0,000216$$

$$c_s = 0,8901$$

$$c_o = \frac{S_o}{S_c}; S_o = (L + 2c_s) \cdot (2l + 3k + 4h + 4i) \quad (33)$$

$$S_o = (3,35 + 2 \cdot 0,20) \cdot (2 \cdot 1,12 + 3 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,03) = 13,667 \text{ m}^2$$

$$c_o = \frac{13,667}{18,13} = 0,7538$$

$$c_1 = \frac{1,867}{18,13} = 0,1041$$

$$c_6 = \frac{0,831}{18,13} = 0,0458$$

$$c_7 = \frac{0,1253}{18,13} = 0,00691$$

$$c_w = 0,9106$$

5.3.1.3. Dla przekroju kwadratowego

Aby uzyskać przekrój kwadratowy powiększa się szerokość prostokątnego szybu w świetle obudowy o wielkość  $4,59 - 3,95 = 0,64$  m. Wielkość urządzeń szybowych w myśl założeń pozostaje niezmienna, a obliczenia przeprowadza się analogicznie.

$$S_c = 4,59 \cdot 4,59 = 21,068 \text{ m}^2$$

$$C_1 = \frac{1,7063}{21,068} = 0,0808;$$

$$C_2 = 0,00546 \quad (\text{rys. 10})$$

$$C_3 = 0,007525 \quad (\text{rys. 11})$$

$$C_4 = 0,000403$$

$$C_s = 0,9056$$

$$C_5 = 0,0001862 \quad (\text{rys. 6})$$

$$C_o = \frac{13,667}{21,068} = 0,6487$$

$$C_1 = \frac{1,887}{21,068} = 0,0896$$

$$C_6 = \frac{0,831}{21,068} = 0,0394$$

$$C_7 = \frac{0,1253}{21,068} = 0,00594$$

$$C_w = 0,7836$$

5.3.1.4. Dla przekroju eliptycznego (rys. 23)

W celu określenia powierzchni elipsy założono stosunek półosi  $1,2 = \frac{a_1}{b_1}$ , a następnie wstawiając do równania elipsy punkty o współrzędnych

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{b_1^2} = 1$$

$$x = x_o + \frac{c_1}{2} + 1 + c_r \cos 45^\circ$$

$$y = \frac{1}{2} + c_r \sin 45^\circ \text{ i } x = \frac{c_1}{2} + 1 + c'_1 + h - x_o$$

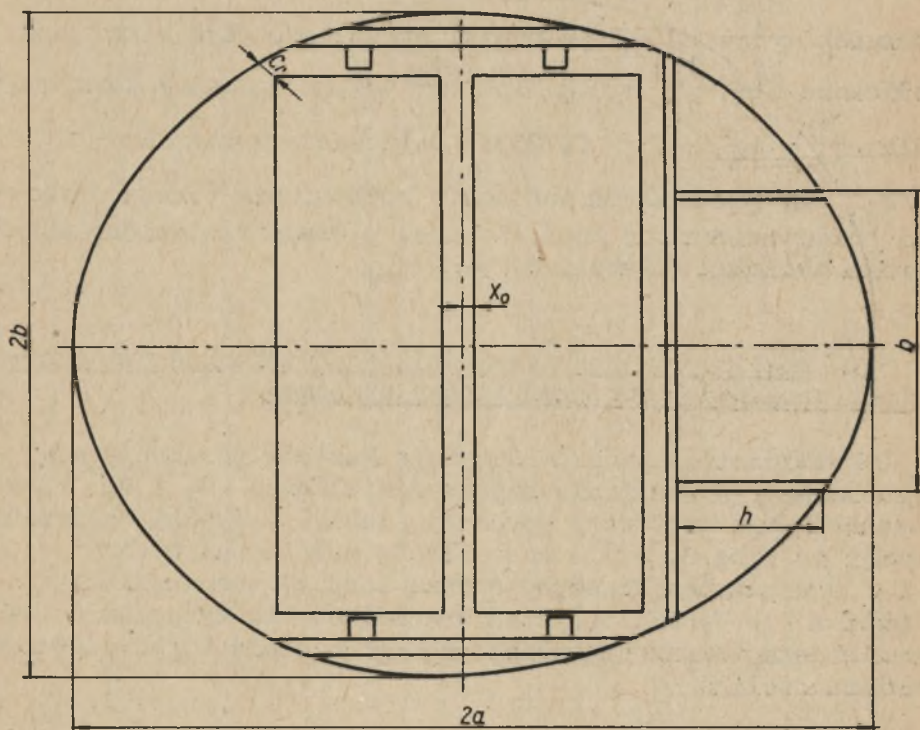
$$y = \frac{b}{2} \text{ po przekształceniu}$$

$$\frac{(2,47 - x_o)^2}{a_1^2} + \frac{1,0}{b_1^2} = 1$$

otrzymuje się stąd  $b_1 = 2,22 \text{ m}$

$$a_1 = 2,66 \text{ mm}$$

$$x_0 = 0,09 \text{ m}$$



Rys.23. Przekrój poprzeczny szybu eliptycznego wyposażony w dwa naczynia wydobywcze

$$S_c = 18,53 \text{ m}^2$$

$$C_1 = 0,1316 \text{ (rys.20)}; \quad C_2 = 0,0062 \text{ (rys.4)}$$

$$C_3 = 0,00857 \text{ (rys.7)}; \quad C_4 = 0,000459 \text{ (rys.6)}$$

$$C_e = 0,8530; \quad C_5 = 0,000212$$

$$S_o = (L + 2k + 2h' + 2i)(2 \cdot 1 + 2c'_1 + c_1) = 11,350 \text{ m}^2$$

$$C_o = 0,6125$$

$$C_1 = \frac{2,20}{S_c} = 0,1188; \quad C_6 = \frac{0,831}{S_c} = 0,0448$$

$$C_7 = \frac{0,1253}{S_c} = 0,00677; \quad C_w = 0,7829$$

Stosunek  $\frac{a_1}{b_1} = 1,2$ , daje wyniki optymalne, gdyż wskaźniki obliczone dla  $\frac{a_1}{b_1} > 1,2$  lub  $\frac{a_1}{b_1} < 1,2$  są mniej korzystne (dla  $\frac{a_1}{b_1} = 1,5$ ;  $C_w = 0,7253$ ). Obliczenie wskaźników  $C_s$  i  $C_w$  dla pozostałych wariantów rozwiązania tarczy szybowej przeprowadza się analogicznie, dlatego zestawiono tylko wyniki obliczeń w tabeli 8, 9.

#### 5.4. Analiza wielkości wskaźników obliczonych dla przyjętych wariantów rozwiązań tarczy szybowej

O wielkości wskaźników decyduje kształt przekroju poprzecznego i wyposażenie szybu; na wielkości  $C_w$  i  $C_s$  opracowano 4 wariant tarczy szybowej (tabl.6). Wyniki obliczeń podaje tablica 8, a dla znalezienia zależności między  $C_s$  i  $C_w$  a wyposażeniem szybu sporządzono 17 tarcz szybowych (tablica 7). Wyniki obliczeń wskaźników dla tych wariantów rozwiązania tarczy dominującego w górnictwie szybu kołowego zawiera tablica 9.

##### 5.4.1. Uporządkowanie wskaźników

**5.4.1.1. Dla wpływu kształtu przekroju poprzecznego szybu na kształtowanie się wskaźników  $C_s$  i  $C_w$**

Rodzaj wyposażenia szybu posiada decydujący wpływ na wybór kształtu szybu, gdy chodzi o uzyskanie wskaźników optymalnych. Jeżeli założyć, że szyb wyposażony jest tylko w urządzenia wyciągowe to przekrój prostokątny będzie najkorzystniejszy,  $S_c$  jest najmniejsze, a  $C_w = 1$ .

Jeżeli założyć, że szyb ma być wyposażony w dwie klatki, przedział drabinowy, dwa rurociągi i cztery kable elektryczne (wariant I tabl.6) to wybór kształtu prostokątnego jest i w tym wypadku trafny, gdyż uzyskuje się największe wskaźniki ( $C_w = 0,9106$ ;  $C_s = 0,8901$ );  $C_w < 1$  tłumaczy się

Tablica 8

Wyliczone wartości  $C_s$ ,  $C_w$  dla 4 wariantów i przyjętych do rozważań przekrojów szybów

Wariant	Kołowy		Eliptyczny		Prostokątny		Kwadratowy	
	$C_s$	$C_w$	$C_s$	$C_w$	$C_s$	$C_w$	$C_s$	$C_w$
I	0,8603	0,7348	0,8530	0,7829	0,8901	0,9106	0,9056	0,7836
II	0,9828	0,7399	0,9825	0,7697	0,9817	0,9342	0,9816	0,9375
III	0,9923	0,6900	0,9919	0,7331	0,9911	0,9607	0,9918	0,8831
IV	0,9929	0,7245	0,9928	0,7297	0,9909	0,9639	0,9924	0,8125

Tablica 9

Wyniki obliczeń wskaźników  $C_s$  i  $C_w$  dla przyjętych wariantów tarcz szybowych

Wariant	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	$H(m)$	2,50	2,40	2,50	2,60	2,60	2,59	2,60	2,50	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
$C_s$	0,8603	0,8463	0,8593	0,8703	0,8692	0,8641	0,8699	0,8641	0,8750	0,8774	0,8750	0,8774	0,8774	
$C_w$	0,7348	0,7715	0,7151	0,7511	0,7675	0,7399	0,7627	0,7399	0,7334	0,7120	0,7334	0,7120	0,7120	

VIII	IX		X		XI		XII		XIII	
	$H(m)$	2,50	3,38	2,50	2,62	2,29	2,60	2,57	2,60	2,57
$C_s$	0,9928	0,8591	0,8724	0,8341	0,8925	0,8672	0,8699	0,8699	0,8669	0,8699
$C_w$	0,6584	0,7694	0,7013	0,6890	0,7373	0,7536	0,7372	0,7691	0,7497	0,7497

XIV	XV		XVI		XVII	
	$H(m)$	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
$C_s$	0,9320	0,9366	0,9359	0,9320	0,9320	0,9320
$C_w$	0,6683	0,6693	0,7261	0,7382	0,7382	0,7382

Tablica 10

Uporządkowane wskaźniki  $C_m$  dla szybów o różnych kształtach poprzecznych

Wariant I	Prostokąt. 0,9106	Kwadratowy 0,7836	Eliptyczny 0,7829	Kołowy 0,7348
Wariant II	Kwadratowy 0,9375	Łuk, czter. 0,8562	Eliptyczny 0,7697	Kołowy 0,7399
Wariant III	Prostokąt. 0,9607	Kwadratowy 0,8831	Eliptyczny 0,7331	Kołowy 0,6900
Wariant IV	Prostokąt. 0,9639	Kwadratowy 0,8125	Eliptyczny 0,7297	Kołowy 0,7245

Tablica 11

Uporządkowane wskaźniki  $C_B$  dla szybów o różnych kształtach poprzecznych

Wariant I	Kwadratowy 0,9056	Prostokąt. 0,8901	Kołowy 0,8603	Eliptyczny 0,8530
Wariant II	Kołowy 0,9828	Eliptyczny 0,9821	Prostokąt. 0,9817	Kwadratowy 0,9816
Wariant III	Kołowy 0,9923	Eliptyczny 0,9919	Kwadratowy 0,9918	Prostokątny 0,9911
Wariant IV	Kołowy 0,9929	Eliptyczny 0,9928	Kwadratowy 0,9924	Łuk, czterost. 0,9917



nie zajściem przez rurociągi i kable pola pozostałego obok przedziału drabinowego. Wielkość  $C_w$  dla szybu kwadratowego jest uzależniona od wymiarów przedziału wydobywczego jak wynika z zestawienia wskaźników dla wariantów III i IV. Dla tych wariantów  $C_w$  jest tym większe im kształt przedziału wydobywczego jest bardziej zbliżony do kwadratowego. Przekrój eliptyczny we wszystkich czterech wariantach daje wyższy wskaźnik  $C_w$  niż przekrój kołowy. Tłumaczy się to mniejszą powierzchnią całkowitą szybu eliptycznego. Powierzchnia elipsy zależy od stosunku pół osi dlatego w przypadku nieokreślenia tego stosunku innymi względami należy go tak obliczyć by uzyskać mniejszą powierzchnię dla założonego wyposażenia szybu. Tablica 10 i 11 zawiera wskaźniki obliczeń dla różnych kształtów przekroju poprzecznego szybu uporządkowane od wartości najwyższych do najmniejszych.

#### 5.4.1.2. Dla wpływu wyposażenia szybu na kształtowanie się wskaźników $C_s$ i $C_w$

Z zestawienia wskaźników dla wariantów I, II, III i IV (tablica 9, 7) wynika, że wymiary klatek szybowych posiadają znaczny wpływ na wielkość wskaźników  $C_s$ ;  $C_w$ . Prawie największy wskaźnik  $C_w$  daje wariant II ( $C_w = 0,7715$ ) dla wyliczonej średnicy szybu  $D = 4,8$  m, przy średniej znormalizowanej  $D = 5,0$  m  $C_w$  spada o 6%.  $C_w = 0,7715$  zostało osiągnięte dzięki prawie kwadratowemu zestawowi urządzeń szybowych (3,84 m, 3,94 m). Warianty I, V i VI utworzone w celu wykazania wpływu rodzaju przewodników na wielkość  $C_w$ . Różnica we wskaźnikach obliczonych dla szybu z przewodnikami drewnianymi i szynowymi jest nieznaczna i wynika jedynie z przyjęcia różnych wielkości  $i$  i  $h$ . Pozostałe parametry są w obu wypadkach stałe. Zastosowanie w szybie przewodników liniowych nie daje dobrego wykorzystania pola przekroju poprzecznego szybu co tłumaczy się tym, że odstępy projektowane przepisami między dwoma naczyniami wydobywczymi i między naczyniem a obudową muszą być ze względów bezpieczeństwa często większe niż te same odstępy w przypadku przewodników drewnianych lub szynowych. Wzrost odstępów wpływa na powiększenie średnicy szybu. Stanowi to ujemną stronę przewodników linowych. Za instalowanie w szybie rurociągów nie powoduje na ogół konieczności powiększania średnicy szybu obliczonej dla przedziału wydobywczego i drabinowego ponieważ znajdują się one w przestrzeni drugorzędnej szybu (między obudową, a przedziałem wydobywczym lub drabinowym). Z zestawienia wskaźników wa-

riantu III i IV wynika, że dwa rurociągi podnoszą  $C_w$  równe 0,7120 do wielkości  $C_w = 0,7511$  i obniżają  $C_s = 0,877$  do wielkości  $C_s = 0,870$ . Ze wzrostem ilości rurociągów w szybie  $C_w$  rośnie szybciej niż maleje  $C_s$ . Powodem nieproporcji jest nieuwzględnienie podczas obliczania  $C_s$  belek wspornikowych dla umocowania rurociągu. Obecność w szybie przedziału drabinowego może  $C_w$  obniżyć lub podnieść, bowiem wpływ ten również zależy od kształtu przedziału wydobyczego. W szybach z dwoma klatkami o wymiarach 3,4 m . 1,35 m przedział drabinowy obniża  $C_w$  o  $\sim 1\%$  (warianty VII i VIII), natomiast  $C_s$  o  $\sim 12\%$ .  $C_w$  dla wariantu IV wynosi 0,7675. Jeżeli w tym wariantcie usunąć przedział drabinowy to wskaźnik zmaleje do  $C_w = 0,7432$ . Obniży to również choć nieznacznie wielkość  $C_s$ . Powyższe warianty posiadały przedział drabinowy zbudowany w ten sposób, że wystająca nad pomostem spoczynkowym drabina miała nachylenie  $80^\circ$ . Rozwiązanie to powoduje zmniejszenie przekroju strugi powietrza dlatego powinna się wystająca 1 m nad pomostem drabinę nagiąć do pionu lub zastąpić klamrami. Przyczyni się to zmniejszenia średnicy szybu prawie o 4 cm. Nastąpi wzrost  $C_s$  z 0,8463 (wariant II) do 0,8591 (wariant IX) i obniżenie  $C_w$  z 0,7715 do 0,7694 dla średnic szybowych wynikłych z obliczeń. Lepsze efekty dają drabiny pionowe. W tym przypadku  $C_w = 0,7973$ ,  $C_s = 0,8925$  w stosunku do innych przedziałów drabinowych co podaje IV rozwiązanie przedziału drabinowego (wariant X) przy czym uzyskuje się 31% niewykorzystanej przestrzeni szybowej ( $C_w = 0,6890$ ,  $C_s = 0,8341$ ). Włazy tego przekroju nie pokrywają się w linii pionowej lecz są one względem siebie przesunięte tak, że wymiar przedziału liczony w kierunku szerokości drabin został powiększony o 0,6 m i wynosi 1,7 m co podniosło średnicę szybu z 4,77 do 5,24 m. Z zestawienia wskaźników obliczonych dla wariantu XVI i III oraz XVII i IV wnioskuje się, że urządzenie dwuwyciągowe daje słabsze wykorzystanie pola przekroju poprzecznego szybu niż urządzenie jednowyciągowe. Mimo, że wariant XVI różni się od wariantu III tylko dodatkową parą klatek, to jednak  $C_w$  spada z 0,7511 w wariantcie III do 0,7382 w wariantcie XVI. Dla klatek o wymiarze 3,7 m . 1,27 m różnica ta jest większa i wynosi 0,7675 (wariant IV), 0,738 (wariant XVII). Zależność tę zauważa się przy szybach skipowych (warianty XII, XIII, XIV, XV). Ponadto o wielkości wskaźników wymiary skipów decydują w równym stopniu jak wymiary klatek. Tablica 12, 13 podaje uporządkowane wartości najwyższych i najniższych wskaźników.

Tablica 12

Wartość wskaźnika  $C_m$  uporządkowana od najniższych do najwyższych wartości

Wariant R(m) $C_m$	XI 2,29 0,7973	II 2,40 0,7715	IX 2,38 0,7694	XIII 2,57 0,7691	IV 2,59 0,7675	IV 2,60 0,7627	XII 2,57 0,7536	III 2,60 0,7511	XIII 2,60 0,7497
V 2,50 0,7399 m	XVII 3,60 0,7382	XII 2,60 0,7372	I 2,60 0,7348	VI 2,60 0,7334	XVI 3,60 0,7261	VIII 2,38 0,7245	II 2,50 0,7151	VII 2,60 0,7120	IX 2,50 0,7013
X 2,62 0,6890	XV 3,60 0,6693	XIV 3,60 0,6683	VIII 2,50 0,6584						

Tablica 13

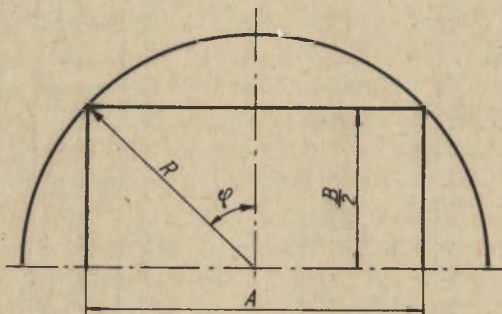
Wartość wskaźnika  $C_B$  uporządkowana od wartości najniższych do najwyższych

Wariant R(m) $C_B$	VIII 2,50 0,9935	VIII 2,38 0,9928	XV 3,60 0,966	XVI 3,60 0,9359	XVII 3,60 0,9320	XIV 3,60 0,9320	XI 2,29 0,8925	VII 2,60 0,8774	VI 2,60 0,8750
IX 2,60 0,8724	XII 2,60 0,8699	IV 2,60 0,8699	XIII 2,60 0,8699	XII 2,60 0,8699	IV 2,59 0,8692	XII 2,57 0,8672	XIII 2,57 0,8669	V 2,60 0,8641	I 2,50 0,8503
II 2,50 0,8593	IX 2,38 0,8591	II 2,40 0,8463	X 2,62 0,8341						

5.5. Możliwości podniesienia wartości wskaźnika  $C_w$ 

O wielkości  $C_w$  w wysokim stopniu decydują wymiary naczyń wydobywczych. Wpływ ten uwydatnia się we wszystkich kształtach przekroju poprzecznego szybu. Ważność tego zagadnienia skłania do znalezienia na drodze matematycznej optymalnych wymiarów przedziału wydobywczego dla których wskaźniki  $C_w$  posiadałyby wartość maksymalną.

5.5.1. Optymalna wielkość przedziału wydobywczego "e<sub>opt</sub>" dla przekroju kołowego szybu (rys.24, rys.19).



Rys.24. Schemat optymalnego przedziału wydobywczego w przekroju kołowym szybu

Wielkość

$$C_{o1} = \frac{A \cdot B}{\pi R^2} \quad (38)$$

gdzie:

$$A = 2 \cdot l + 2c_r \cos 45^\circ + c_1$$

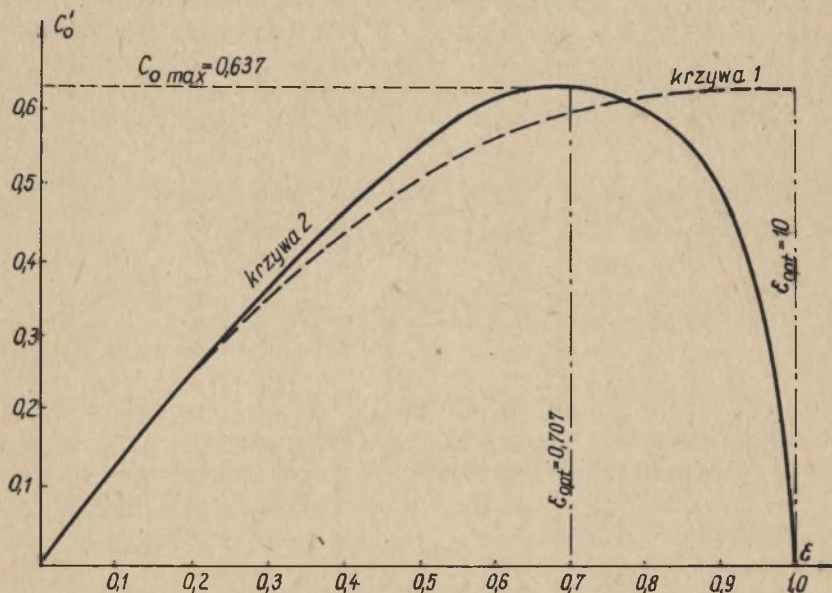
$$B = L + 2c_r \sin 45^\circ$$

$$\frac{A}{B} = \operatorname{tg} \varphi = e$$

$$C_{o1} = \frac{2 R \sin \varphi \cdot 2 R \cos \varphi}{\pi \cdot R^2} = \frac{2}{\pi} \frac{2 \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} \quad (39)$$

po podstawieniu do wzoru wartości za  $\text{tg } \varphi$  otrzymamy:

$$C_{o_1} = \frac{4}{\pi} \frac{1}{\frac{1}{e} + e} \quad (\text{rys.25}) \quad (40)$$



Rys.25. Krzywa 1 - Określenie  $C_{o_{\max}}$  dla przekroju kołowego  
 Krzywa 2 - Określenie  $C_{o_{\max}}$  dla przekroju eliptycznego

Różniczkując tę funkcję względem  $e$  i po przyrównaniu do 0 otrzymamy

$$\frac{dC_{o_1}}{de} = \frac{4}{\pi} \frac{1 - \frac{1}{e^2}}{\left(\frac{1}{e} + e\right)^2} = 0$$

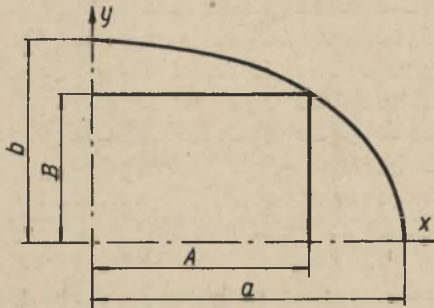
$$1 - \frac{1}{e^2} = 0 \rightarrow e = 1 = e_{\text{opt}}$$

natomiast

$$C_{o_1 \max} = \frac{4}{\pi} \frac{1}{1+1} = \frac{2}{\pi} = 0,637 \quad (41)$$

W n i o s k i: 1 - w przekroju kołowym szybu kształt kwadratowy przedziału wydobywczego daje najlepsze wykorzystanie pola przekroju poprzecznego szybu (dotyczy to szybu bez przedziału drabinowego), 2 - z wykresu (rys.25) wynika, że małej odchyłce od  $e_{opt}$  towarzyszy nieznaczna zmiana  $C_{o_1}$ .

5.5.2. Optymalna wielkość przedziału wydobywczego " $e_{opt}$ " dla przekroju eliptycznego szybu (rys.26).



Rys.26. Schemat optymalnego przedziału wydobywczego w przekroju eliptycznym szybu

Wielkość

$$C_{o_1} = \frac{4 \cdot A \cdot B}{\pi \cdot a \cdot b} \quad (42)$$

$$y = \sqrt{b^2 - x^2 \frac{b^2}{a^2}}$$

gdym  $x = A$  to  $y = B$ ;

zatem

$$B = \sqrt{b^2 - A^2 \frac{b^2}{a^2}}$$

$$C_{o_1} = \frac{4 A \sqrt{b^2 - A^2 \frac{b^2}{a^2}}}{\pi \cdot a \cdot b} = \frac{4}{\pi} \sqrt{\left(\frac{A}{a}\right)^2 - \left(\frac{A}{a}\right)^4}$$

przyjmując  $e = \frac{A}{a}$  otrzymamy

$$C_{o_1} = \frac{4}{\pi} \sqrt{e^2 - e^4} \quad (\text{rys.25}) \quad (43)$$

$$e_{\text{opt}} = 0,707; C_{o_1 \text{ max}} = 0,637 \quad (44)$$

W n i o s k i: 1 - optymalne wymiary przedziału wydobywczego zależą od parametrów szybu eliptycznego, a więc od (a,b), 2- $C_{o_1 \text{ max}}$  otrzymuje się dla  $\frac{A}{a} = 0,707$ .

5.5.3. Optymalne wielkości przedziału wydobywczego "e<sub>opt</sub>" dla pozostałych przekrojów szybu

Dla prostokątnego i kwadratowego przekroju poprzecznego szybu nie ma potrzeby obliczania e<sub>opt</sub> powyższym sposobem, gdyż przedział wydobywczy odpowiada kształtem przekrojowi szybu. Dla innych przekrojów poprzecznych o kształtach bardziej złożonych  $C_{o_1 \text{ max}}$ , można znaleźć w ten sposób, że wrysowuje się w przekrój szybu większą ilość różnych prostokątów i oblicza się pola tych prostokątów. Prostokąt, który posiada największe pole określa wielkość  $C_{o_1 \text{ max}}$ .

## 6. Wnioski

- O wskaźniku wykorzystania pola poprzecznego szybu z uwagi na wentylację i wyposażenie szybu decydują głównie:
  - a) kształt przekroju poprzecznego szybu, b) wyposażenie szybu.

- Najwyższy wskaźnik  $C_w$  uzyskuje się dla szybów, których kształt przekroju poprzecznego najbardziej odpowiada kształtowi przekroju poprzecznego zestawu urządzeń wyposażających szyb. Ponieważ zestaw ma kształt równoległoboczny przeto szyby prostokątne i kwadratowe dają najlepsze wykorzystanie pola przekroju poprzecznego szybu ze względu na wyposażenie. Kształt kołowy najbardziej odbiega od kształtu zestawu urządzeń przeto wskaźnik ma wartość najniższą. Wskaźniki dla pozostałych szybów dają wartości pośrednie zależnie od doboru wielkości charakterystycznych dla danego kształtu przekroju poprzecznego szybu.
- Przy stałym wyposażeniu szybu najwyższy wskaźnik  $C_s$  otrzymuje się dla kształtu przekroju poprzecznego, którego pole jest największe, a więc przekrój kołowy posiada wartość  $C_s$  najwyższą.
- W przekroju kołowym szybu najwyższą wartość  $C_w$  daje zestaw wyposażenia o kształcie kwadratu. W związku z tym na uwagę zasługuje poprawny wybór wymiarów naczyń wydobywczyc w połączeniu z przedziałem drabinowym.

## LITERATURA

- [1] Bär S. - Die Beanspruchung der Einbauten von Förderschachten durch waagerechte Kräfte, Glückauf 7/8, 1953 r.
- [2] Budryk W. - Wentylacja kopalń, Katowice 1951 r.
- [3] Hryniewiecki A. - O przewodnikach stalowych, Przegląd Górniczy, 1955 r.
- [4] Krupiński B. - Zasady projektowania kopalń cz.1, Katowice 1957.
- [5] Kostrz J. - Wykonywanie wyrobisk, Cz.1, Katowice 1961 r.
- [6] Schäfer H. - The Efficient Utilisation of shaft Space. Technical Report on the Ruhr Coalfield, Londyn 1957 r.
- [7] Katalog tarcz szybowych PBSz w Bytomiu.
- [8] Normy: PN-54/MG-52600.
- [9] PTEKW 1960 r.



## ВЛИЯНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИОННОГО УКАЗАТЕЛЯ НА ВЕЛИЧИНУ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СТВОЛА

### С о д е р ж а н и е

В научной работе определено указатель использования поперечного сечения ствола принимая во внимание вентиляцию, а также указатель использования площади поперечного сечения ствола принимая во внимание его оборудование.

Эти указатели для кругового, эллиптического, квадратного и прямоугольного сечений ограничены формулами для которых составлены графики.

Проведено анализ значения вычисленных указателей для принятых вариантов расформирований круга ствола.

## DER EINFLUSS DER AUSRICHTUNG UND BEWETTERUNG AUF DIE GRÖSSE DES SCHACHT-QUERSCHNITTS

### Z u s a m m e n f a s s u n g

In diesen Aufsatz wurde der Ausnützungs-grad des Schachtquerschnitts in Beziehung zur Bewetterung und zur Ausrichtung definiert. Weiter wurden von diesen Zahlengrößen Formeln für den runden, elliptischen quadratischen, rechteckigen und vierseitig bogenförmigen Schachtquerschnitt abgeleitet, und für sie Nomogramme ausgeführt.

Man analysierte diese abgeleiteten Größen für verschiedene Konstruktionen der Schachtscheibe.