

Maria Jedynak, Stanisław Mierzwiński

MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA METODY BARTHA-LEINWEBERA DLA OBLICZANIA CYKLONÓW PRZEMYSŁOWYCH

Metoda obliczania cyklonów wg Leinwebера powstała w oparciu o badania [4], które były rozwinięciem prac Bartha [1], [2].

Dążeniem Bartha było, ażeby opracować metodę obliczania cyklonów optymalnych, tj. takich, które potrafią zapewnić potrzebną skuteczność działania przy kosztach inwestycyjnych i ruchowych oraz zapotrzebowaniu miejsca wynikających z przesłanek ekonomicznych. W tym celu Barth wprowadził pojęcie liczb znamionowych B i ξ_d , opisanych równaniami:

$$B = \frac{u_{pg} w_d}{g d_z} \quad (1)$$

$$\xi_d = \frac{\Delta P}{\frac{w_d^2 j}{2g}} \quad (2)$$

oznaczenia:

u_{pg} - prędkość opadania ziarna granicznego

w_d - prędkość przepływu gazu w poprzecznym przekroju płaszcza cyklonu,

g - przyspieszenie ziemskie

d_z - średnica cz. cylindrycznej,

ΔP - opór cyklonu

j - ciężar właściwy gazu

Liczba B pozwala porównywać cyklony między sobą. Jeżeli sprowadzi się wartości parametrów porównywanych cyklonów do tzw. cyklonu jednostkowego [1], [2], to dla każdego takiego cyklonu liczba B będzie odpowiadać charakteryzującej go sku-

teczności odpylania. Z drugiej strony liczba ta wiąże skuteczność odpylania, wyrażoną przez u_{pg} , z kosztami budowy (d_z) kosztami ruchowymi i zapotrzebowaniem miejsca (w_d).

Liczba ξ_d podaje dodatkowo związek pomiędzy kosztami eksploatacyjnymi, wyrażonymi przez ΔP , a zapotrzebowaniem miejsca, wyrażonym przez w_d . Równocześnie jest to współczynnik strat odniesiony do prędkości w poprzecznym przekroju płaszcza cyklonu.

Jeżeli udałoby się określić dla rozważanego przypadku odpylania gazu wartość B na podstawie przesłanek ekonomicznych, to metoda Bartha pozwoliłaby obliczyć dla tych warunków cyklon optymalny, w którym wystąpiłaby minimalna wartość ξ_d .

Dotychczas jednak nie udaje się przeprowadzić takiej optymalizacji cyklonów. Przy założeniu granicznej prędkości opadania w zakresie 0,2 do 0,1 cm/s i oporach 30 do 100 kg/m² uzyskuje się bardzo wydłużony kształt cyklonów, co praktycznie uniemożliwia ich stosowanie.

Prawdopodobnie to było powodem, że Leineweber zamiast przyjmować jako wielkość wyjściową dla obliczeń wartość samej liczby B , przyjmuje wymaganą wartość u_{pg} oraz praktyczną wartość straty ciśnienia. Na podstawie tych dwóch danych określa wartość iloczynu $B\xi_d^{3/4}$ z równania:

$$B\xi_d^{3/4} = \frac{u_{pg} \Delta P^{3/4} \pi^{1/2}}{\sqrt[3/4]{\dot{V}} \sqrt[1/2]{\dot{V}} (2g)^{1/4}} \quad (3)$$

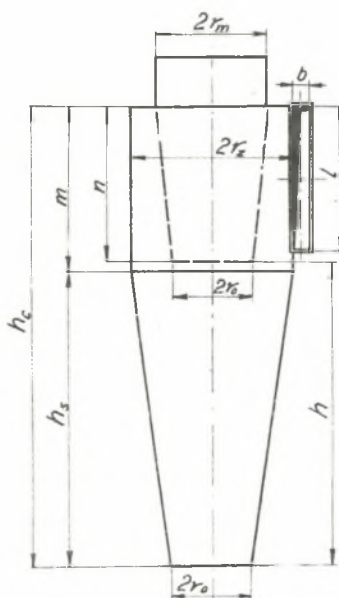
oznaczenia:

\dot{V} - natężenie przepływu gazu [m³/s.]

Obszerne aerodynamiczne badania [3], [4] pozwoliły mu ustalić wartości iloczynu $B\xi_d^{3/4}$ dla szeregu kombinacji wartości parametrów konstrukcyjnych cyklonów. Związki te podają rys. 2 do 4. Jako charakterystyczne parametry konstrukcyjne przyjęł: r_z/r_o , A_e/A_d oraz kształt rury wylotowej - patrz rys. 1. Tok obliczeń wg Leinewebera jest następujący:

1. Jako dane wyjściowe należy przyjąć: \dot{V} , u_{pg} , ΔP , oraz r_z/r_o , A_e/A_d i kształt rury wylotowej.

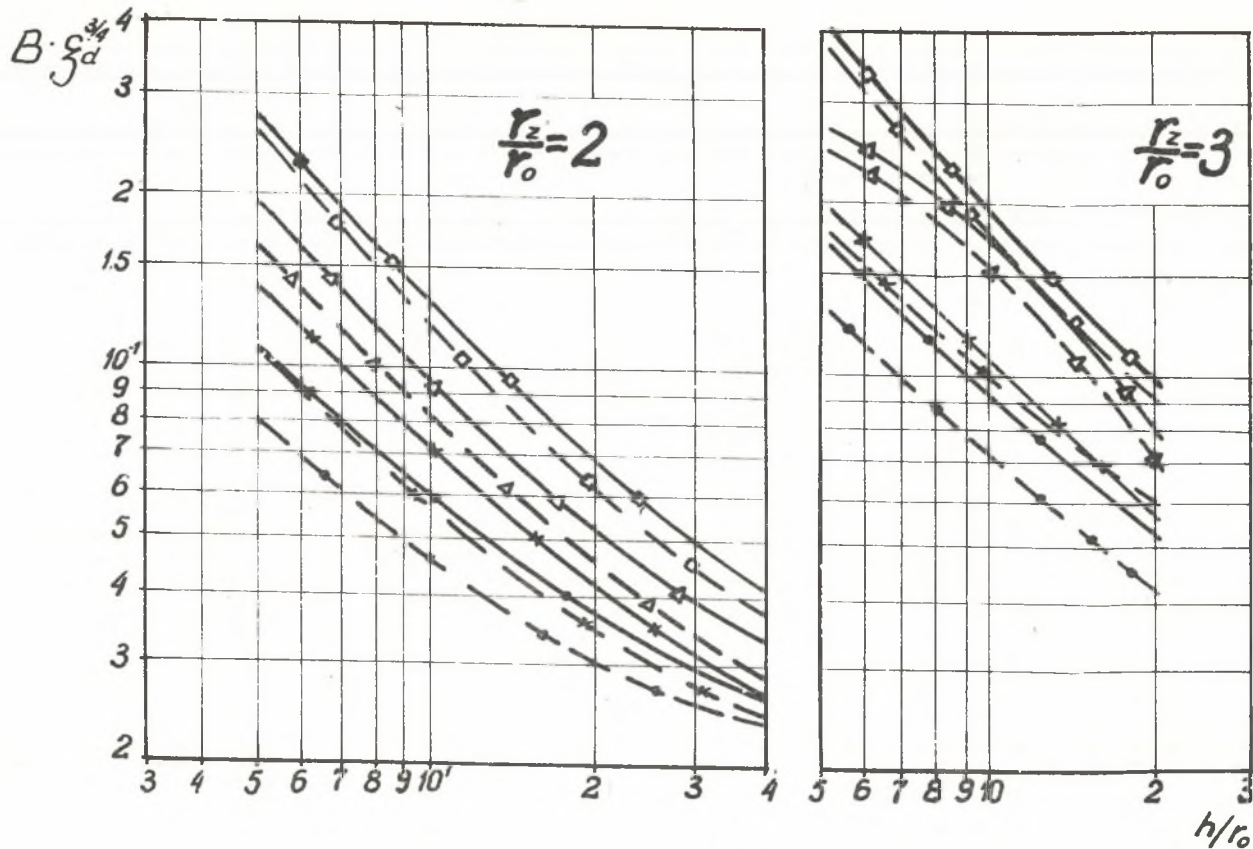
2. Oblicza się wartość iloczynu $B\epsilon_d^{3/4}$ z równania (3).
3. Wyznacza się:
 - z rys. 2 wartość h/r_0
 - z rys. 3 wartość B
 - z rys. 4 wartość ϵ_d
4. Z równania (1) oblicza się r_z
5. Pozostałe wymiary konstrukcyjne można obliczyć z przyjętych w punkcie 1 charakterystycznych stosunków parametrów oraz z danych na rys. 1.



Rys. 1. Oznaczenie parametrów konstrukcyjnych cyklonu Bartha-Leinewebera

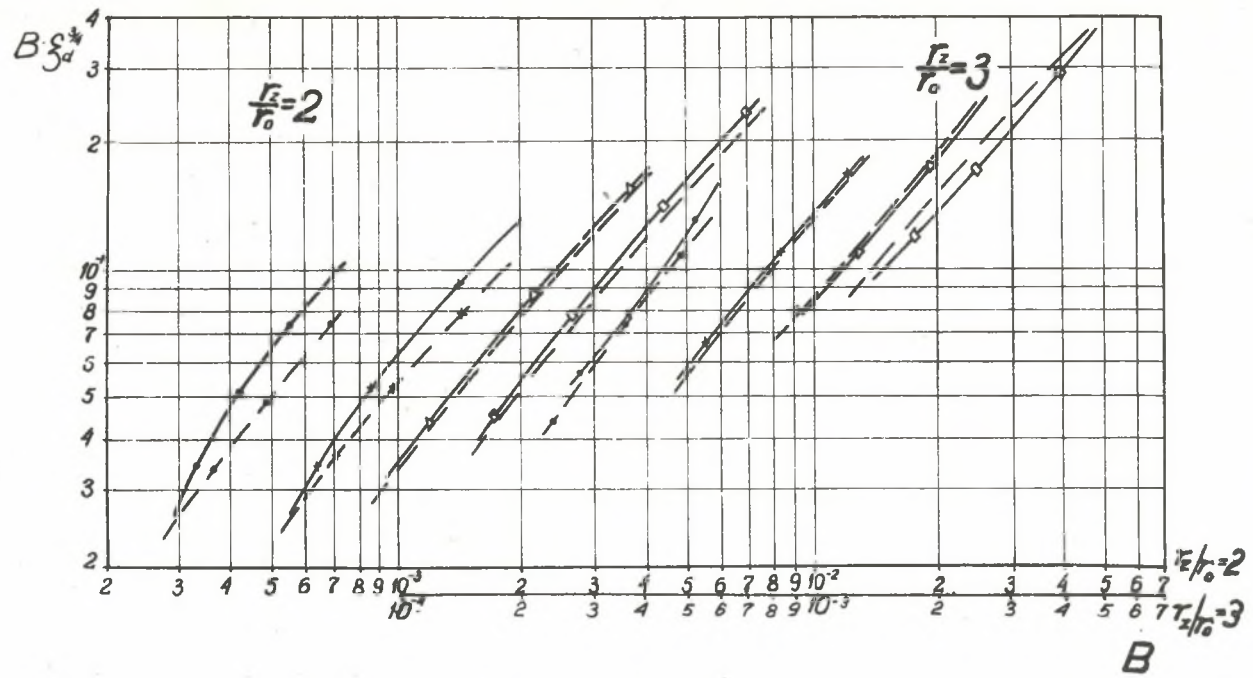
$$r_m/r_z = 0,70, m/r_z = 2,07, m/n = 1,07, l/r_z = 1,80$$

Odnosnie doboru charakterystycznych stosunków r_z/r_0 , A_e/A_d i kształtu rury wylotowej, wymienionych w punkcie 1, Leineweber bliżej nie wypowiada się. Zaleca tylko z ośmiu wariantów cyklonu, na jakie pozwalają jego wykresy, wybranie takiego, który jest najbardziej odpowiedni ze względu na posiadane miejsce do instalowania.

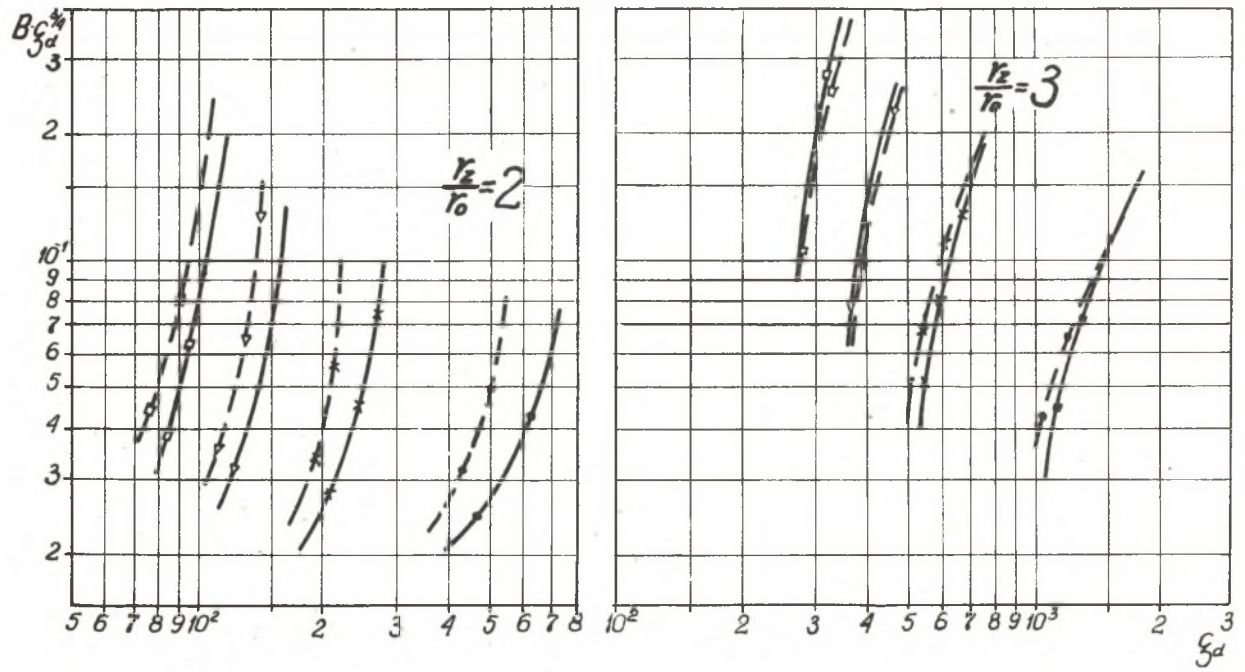


Rys. 2. Zależność $B \sigma_d^{3/4}$ od stosunku $\frac{h}{r_0}$

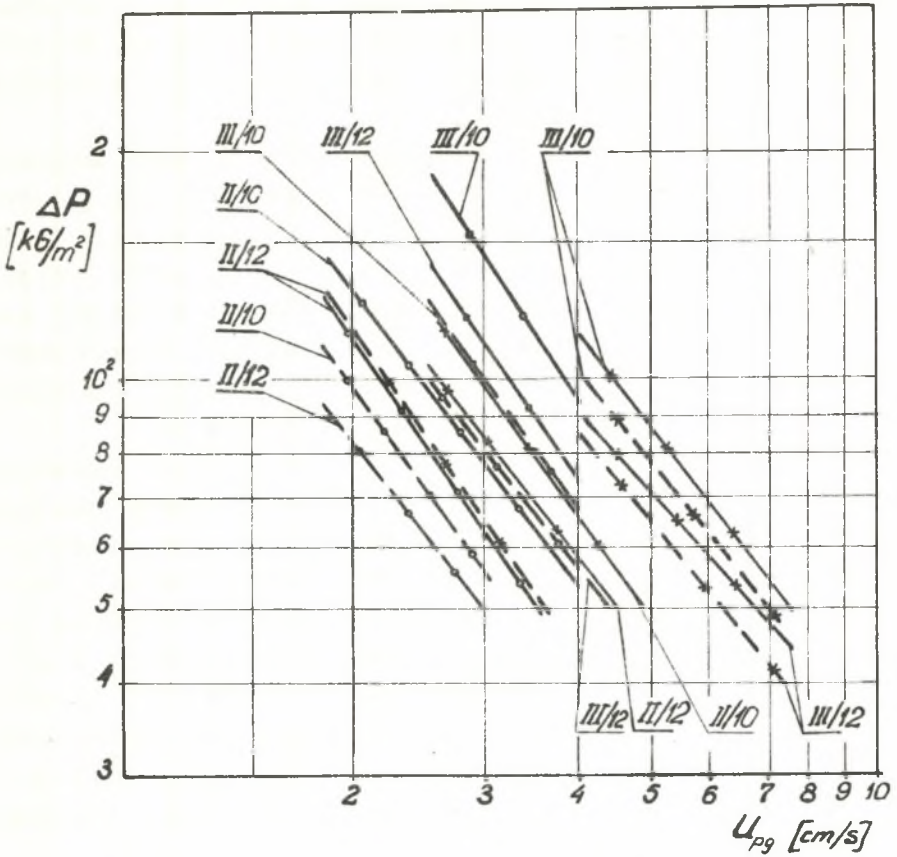
Oznaczenia: — rura cylindryczna, - - - rura stożkowa, $\cdot A_e/A_d = 0,115$ i $1/b = 9$, $\times A_e/A_d = 0,230$ i $1/b = 4,5$
 $\nabla A_e/A_d = 0,345$ i $1/b = 3$, $\square A_e/A_d = 0,460$ i $1/b = 2,25$



Rys. 3. Zależność iloczynu $B\xi_d^{3/4}$ od liczby Bartha B . Oznaczenia jak na rys. 2



Rys. 4. Zależność iloczynu $B\xi_d^{3/4}$ od wskaźnika oporu ξ_d . Oznaczenia jak na rys. 2



Rys. 5. Zależność strat ciśnienia w cyklonie od przyjętego ziar na granicznego

Oznaczenia: II - $r_z/r_0 = 2$, III - $t_z/r_0 = 3$, 10, 12 - h/r_0
 — rura wylotowa cylindryczna, - - - rura wylotowa stożkowa, o $A_e/A_d = 0,115$ i $l/b = 9$, x $A_e/A_d = 0,230$ i $l/b = 4,5$

Dla wypełnienia tej luki w metodzie Leinewebera i ułatwienia decyzji w tym zakresie opracowano wykres (rys. 5), na którym uwidoczniono związek pomiędzy ΔP i u_{pg} dla wybranych charakterystycznych parametrów.

Z wykresu tego wynika, że dla uzyskania tej samej wartości u_{pg} , przy zastosowaniu rury wylotowej stożkowej opór cyklonu jest o 25% niższy niż dla przypadku rury cylindrycznej. Ponadto wzrost wartości h/r_0 powoduje wzrost skuteczności odpylania przy stałym oporze względnie spadek ciśnienia dla tej samej skuteczności. Z wykresu tego również wynika, że zwiększenie stosunku r_z/r_0 przy stałym oporze i wysokości cyklonu przyczynia się do obniżenia skuteczności działania.

Leineweber uważa [4], że w podany powyżej sposób można obliczać cyklony o dowolnej średnicy. Jednakże podane przez niego zależności zostały wyprowadzone na podstawie aerodynamicznych badań cyklonów o średnicy 150 mm. Dlatego warto przeanalizować jakie rezultaty można uzyskać stosując omawianą metodę do cyklonów przemysłowych. W tym celu wykonano szereg obliczeń cyklonów dla wydatku gazu od 900 do 9700 m³/h przy oporach przepływu 60 do 250 kg/m². We wszystkich wariantach obliczeń przyjęto jednakowe ziarno graniczne $u_{pg} = 0,18$ cm/s oraz jednakowe $r_z/r_0 = 2$, $\Delta_e/\Delta_d = 0,115$ i rurą wylotową stożkową.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 1. Daje się zauważyć, że przy stosunkowo wysokiej skuteczności odpylania część stożkowa cyklonu h_g bardzo wydłuża się, jeżeli chcemy utrzymać niewysokie opory przepływu. Dla dużych wydajności dochodzi się do zupełnie niepraktycznych wysokości h_g .

Należy zaznaczyć, że metoda Leinewebera pozwala wnikliwie analizować zależność efektów odpylania w cyklonach od ich parametrów konstrukcyjnych i ruchowych. Niewątpliwie jest z tego powodu interesująca. Warto jednak sprawdzić eksperymentalnie jak dalece rzeczywista praca cyklonów, o kształcie zalecanym przez Leinewebera, zgodna jest z założeniami przyjętymi do obliczeń.

Należy podkreślić, że metoda ta powstała w oparciu o aerodynamiczne badania cyklonów, przy użyciu czystego powietrza.

Wyniki obliczeń cyklonów wg Leinweberra (oznaczenia wg rys. 1)

\dot{V}	P	$2r_z$	$2r_o$	n	m	h_s	h_o	$2r_m$	l x b
m^3/h	kg/m^2	m	m	m	m	m	m	m	m^2
900	70	0,47	0,24	0,45	0,48	0,87	1,35	0,33	0,42 x 0,05
1300	60	0,58	0,29	0,56	0,6	0,5	2,1	0,40	0,52 x 0,06
1300	150	0,48	0,24	0,47	0,50	0,5	1,0	0,34	0,43 x 0,05
1500	60	0,60	0,30	0,58	0,62	1,76	2,38	0,42	0,54 x 0,06
1500	150	0,50	0,25	0,48	0,52	0,55	1,07	0,35	0,45 x 0,05
2350	157	0,62	0,31	0,61	0,65	0,89	1,54	0,44	0,56 x 0,06
2700	60	0,80	0,40	0,78	0,83	3,75	4,58	0,56	0,72 x 0,08
3900	60	0,96	0,48	0,93	0,99	6,89	7,88	0,68	0,86 x 0,34
3900	130	0,82	0,41	0,79	0,85	1,99	2,84	0,57	0,74 x 0,08
9700	100	1,32	0,66	1,28	1,37	11,81	13,18	0,92	1,19 x 0,13
9700	157	1,22	0,61	1,18	1,26	4,95	6,21	0,85	1,10 x 0,12
9700	250	1,14	0,57	1,10	1,18	3,4	4,58	0,80	1,03 x 0,11

W normalnej eksploatacji tych odpylaczy istnieje szereg obiektywnych przyczyn, związanych z zachowaniem się aerozolu w cyklonie, które powodują powstanie rozbieżności między uzyskanymi efektami i założeniami.

Jedną z niejasnych, założeniowych pozycji metody jest prędkość opadania ziarna granicznego, ze względu na wyraźnie umowny charakter tego pojęcia. Dla szerszego stosowania metody Leinewebera wyjaśnienie w tym zakresie jest potrzebne. Warto również przeprowadzić pełną kontrolę tej metody przez wykonanie dla cyklonów o większych średnicach badań zarówno aerodynamicznych jak i przy zastosowaniu pyłu. Prace w tym kierunku były już prowadzone w NRD [5], a także w Zakładzie Badań Urządzeń Odpylających naszej Uczelni.

LITERATURA

- [1] Barth W.: Berechnung und Auslegung von Zyklonabscheidern auf Grund neuerer Untersuchungen. BWK 8, (1956) s. 1÷9.
- [2] Barth W., Leineweber L.: Beurteilung und Auslegung von Zyklonabscheidern. Staub 24, (1964), s. 41÷55.
- [3] Leineweber L.: Berechnung und Beurteilung von Zyklonabscheidern. Praca doktorska, Politechnika Karlsruhe, (1963).
- [4] Leineweber L.: Auslegung von Zyklonabscheidern nach vorgegebenen Werten für Grenzkorn, Drukverlust und Durchsatz. Staub, 27 (1967) s. 123÷128.
- [5] Petroll J., Quitter V., Schande G. Zimmermann L.: Untersuchungen an Zyklonabscheidern. Staub 27 1967, s. 115÷122.

S t r e s z c z e n i e

Omówiono zasadnicze tezy i tok obliczania cyklonów wg metody Bartha - Leinewebera. Przeanalizowano rezultaty obliczeń dla cyklonów o średnicach większych niż 150 mm, jakie badał autor metody.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА БАРТА-ЛЕЙНЕВЕБЕРА
ДЛЯ ПОДСЧЁТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦИКЛОНОВ

Р е з ю м е

Обсуждено основные тезисы и ход подсчёта циклонов по методу Барта-Лейневебера. Анализировано результаты подсчётов циклонов с диаметрами выше чем 150 мм, которые исследовали авторы метода.

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE BARTH-LEINWEBER METHOD
FOR THE CALCULATION OF INDUSTRIAL CYCLONES

S u m m a r y

There have discussed the basic assumptions and the procedure of calculation of cyclones according to the Barth-Leineweber method. An analysis is presented of the results of calculations for the cyclones with diameters larger than 150 mm, i.e. larger than those tested by the author of the method.