

---

dr Ryszard KRZYKOWSKI  
mgr inż. Janusz KUBOK  
Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe „EKO-WIN”  
dr inż. Marek JEDZINIAK  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## **Wielonapięciowe Wentylatory Górnicze typu WWG firmy Eko-Win**

### *Streszczenie*

Przedstawiono konstrukcje typoszeregu wielonapięciowych wentylatorów górniczych typu WWG firmy Eko-Win, z omówieniem ich charakterystyk, parametrów technicznych oraz pola zastosowań. Przedstawiono sposób wyznaczania charakterystyk wentylatorów na stanowisku badawczym.

**Słowa kluczowe:** wentylator lutniowy, przewietrzanie, wentylacja

**Keywords:** ventube fan, ventilation

---

### *Summary*

A design of series of types of WWG multi-voltage mining fans manufactured by Eko-Win is presented and their characteristics, technical parameters and fields of application are discussed. A method for determination of characteristics of fans at the test stand is given.

## **1. Wstęp**

Warunki eksploatacji pokładów na coraz większej głębokości wymuszają stosowanie wentylatorów o coraz wyższych spiętrzeniach i wydajnościach. Charakterystyki techniczne tych urządzeń muszą być dostosowane do warunków wynikających ze wzrostu głębokości, temperatury, wilgotności oraz gęstości powietrza w wyrobisku. Ponadto należy uwzględnić rodzaj pracy wentylatorów (ssące, tłoczące lub ssąco-tłoczące, praca szeregową lub równoległą) oraz ich przeznaczenie do: przewietrzania wyrobisk, współpracy z urządzeniami odpylającymi i chłodniczymi (klimatyzatorami), o napięciu 500V, 1000V lub 500/1000V.

Powyższe wymagania powinny być uwzględnione przy konstruowaniu wentylatorów, szczególnie w zakresie obudowy, wirników, silników elektrycznych, zabezpieczeń antykorozyjnych, rodzaju materiałów konstrukcyjnych, gabarytów itp.

W 2014 roku P.H.U. „EKO-WIN” opracowało typoszereg nowych wentylatorów lutniowych, takich jak:

- a) WWG-1000B/45/P i WWG-1000B/2x45/P
- b) WWG-1000B/55/2N/P i WWG-1000B/2x55/2N/P
- c) WWG-1000B/80/2N/P i WWG-1000B/2x80/2N/P

Wszystkie wymienione rodzaje wentylatorów przeszły pozytywnie badania w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG oraz badania certyfikacyjne w Jednostce Certyfikującej ITG KOMAG i OBAC Sp. z o. o., uzyskując stosowne certyfikaty, potwierdzające ich zgodność m.in. z normami PN-EN 1710+A1:2010 i PN-G-04165:1974 [1, 3].

## **2. Typoszereg wentylatorów typu WWG-1000B/45/P i WWG-1000B/2x45/P**

Wielonapięciowe Wentylatory Górnicze typoszeregu WWG-1000/45/P produkowane są w 4 odmianach:

- WWG-1000/45/P/(1)
- WWG-1000/45/P/(2)
- WWG-1000/45/P/(3)
- WWG-1000/2x45/P

Są to wentylatory lutniowe, osiowe, jednobiegowe, o napędzie elektrycznym. Zastosowano w nich silniki elektryczne typu dSOKg 200L2Bz-P o mocy 45 kW, przełączalnym napięciu 500/1000 V i obrotach 2952 obr/min. Są to silniki elektryczne trójfazowe, budowy ognioszczelnej. Wentylatory WWG-1000/45/P/(...) są wentylatorami jednostopniowymi, natomiast wentylator WWG-1000/2x45/P jest wentylatorem dwustopniowym przeciwbieżnym.

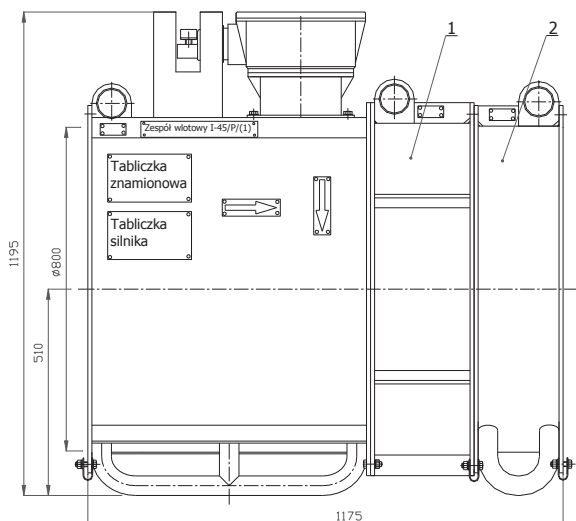
Wentylatory służą do przetłaczania powietrza i wentylacji odrębnej wyrobisk górniczych, w układach wentylacji ssącej i tłoczącej, w których występuje zagrożenie metanowe oraz zagrożenie wybuchu pyłu węglowego. Należą one do urządzeń grupy I Kategorii M2. Wentylatory przystosowane są do współpracy z urządzeniami odpylającymi w szczególności typu UO i/lub klimatyzatorami, m. in. dzięki spełnieniu wymagań normy PN-EN 1710+A1:2010 [1].

Wentylatory mogą być również stosowane w zakładach przeróbki mechanicznej węgla i poza górnictwem w innych gałęziach przemysłu, np. tunelach, podczas ciągłej pracy, a także w układach szeregowych lub równoległych. Wszystkie wersje wentylatorów są zabezpieczone antykorozyjnie przez ocynkowanie.

W wentylatorach zastosowano zmienioną konstrukcję wirnika, pozwalającą uzyskać maksymalne spiętrzenie oraz wydajność, przy gęstości powietrza w zakresie  $1,2 \div 1,4 \text{ kg/m}^3$  (na głębokościach poniżej 1000 m), co umożliwia pracę wentylatora bez przekroczenia dopuszczalnej mocy silnika elektrycznego.

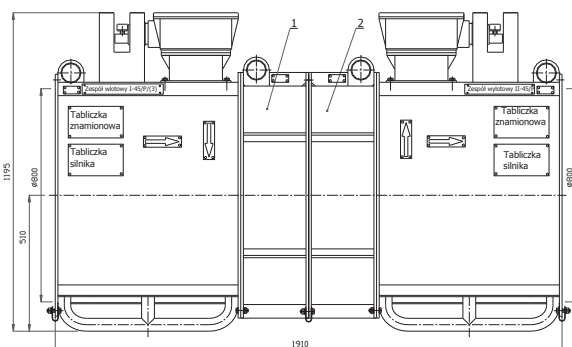
Wentylatory typoszeregu WWG-1000/45/P z silnikami o mocy 45 kW stanowią rozwiązanie pośrednie pomiędzy wentylatorami o mocy 37 kW i 55 kW. Umożliwia to poszerzenie możliwości doboru wentylatora lutniowego dla celów przewietrzania wyrobisk oraz urządzeń odpylających i chłodniczych w aspekcie oszczędności energii elektrycznej i wykorzystania nominalnej mocy silnika wentylatora.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat budowy wentylatora WWG-100B/45/P/(1), a na rysunku 2 wentylatora WWG-1000B/2x45/P.

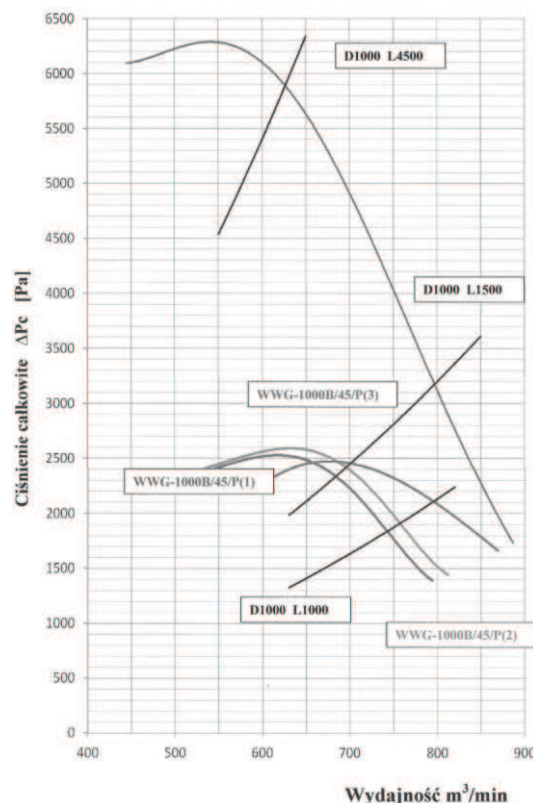


Rys. 1. Schemat wentylatora WWG-1000B/45/P/(1):  
1 – Zespół wlotowy, 2 – Kierownica [4]

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry techniczne omawianych wentylatorów, a na rysunku 3 zbiorcze charakterystyki, uwzględniające zastosowanie lutniociągu elastycznego tłoczącego o średnicy  $\varnothing 1000$ .



Rys. 2. Schemat wentylatora WWG-1000B/2x45/P:  
1 – Zespół wlotowy, 2 – Kierownica [4]



Rys. 3. Zbiorcze charakterystyki wentylatorów typu WWG-1000B/45/P i WWG-1000B/2x45/P [4]

Parametry wentylatorów typu WWG-1000B/45/P i WWG-1000B/2x45/P [4]

Tabela 1

| Parametr                       | Jednostka               | WWG-1000B/45/P/(1)       | WWG-1000B/45/P/(2)       | WWG-1000B/45/P/(3)       | WWG-1000B/2x45/P         |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Średnica nom.                  | mm                      | 800                      | 800                      | 800                      | 800                      |
| Wydajność nominalna            | $\text{m}^3/\text{min}$ | 660                      | 670                      | 730                      | 660                      |
| Zakres wydajności              | $\text{m}^3/\text{min}$ | 610÷800                  | 630÷810                  | 670÷870                  | 550÷890                  |
| Nom. całk. spiętrzenie         | Pa                      | 2450                     | 2550                     | 2400                     | 5500                     |
| Moc elektr.                    | kW                      | 45                       | 45                       | 45                       | 2x45                     |
| Napięcie                       | V                       | 500/1000                 | 500/1000                 | 500/1000                 | 500/1000                 |
| Typ silnika                    | -                       | dSOKg200L2Bz-P           | dSOKg200L2Bz-P           | dSOKg200L2Bz-P           | dSOKg200L2Bz-P           |
| Obroty                         | obr/min                 | 2952                     | 2952                     | 2952                     | 2952                     |
| Masa ok.                       | kg                      | 753                      | 753                      | 751                      | 1376                     |
| Masa zespołu na jednostkę mocy | kg/kW                   | 16,7                     | 16,7                     | 16,6                     | 15,2                     |
| Max. gęstość pow.              | $\text{kg}/\text{m}^3$  | 1,38                     | 1,32                     | 1,25                     | 1,21                     |
| Certyfikat                     | -                       | KOMAG/14/MD/ATEX/ST/0120 | KOMAG/14/MD/ATEX/ST/0120 | KOMAG/14/MD/ATEX/ST/0120 | KOMAG/14/MD/ATEX/ST/0120 |

### 3. Typoszereg wentylatorów typu WWG-1000B/55/2N/P i WWG-1000B/2x55/2N/P

Wielonapięciowe Wentylatory Górnicze typoszeregu WWG-1000B/55/2N/P produkowane są w dwóch odmianach:

- WWG-1000B/55/2N/P,
- WWG-1000B/2x55/2N/P.

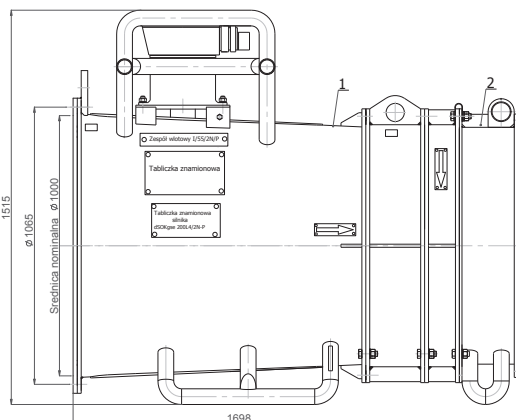
Są to wentylatory lutniowe, osiowe, dwubiegowe o napędzie elektrycznym. We wszystkich wentylatorach zastosowano silniki elektryczne typu dSOKgsk200L4/2N-P i mocy odpowiednio na I biegu 12,5 kW i na II biegu 55 kW oraz przełączalnym napięciu 500/1000 V i obrotach:

- I bieg: 1461 obr/min,
- II bieg: 2957 obr/min.

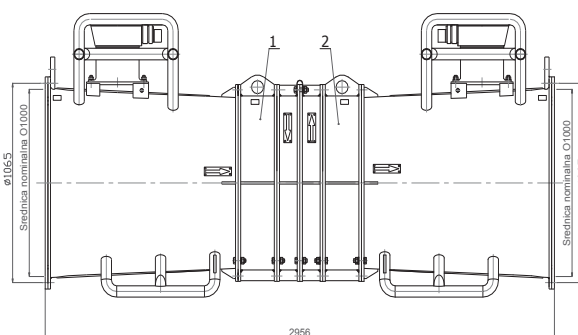
Są to silniki elektryczne trójfazowe, budowy ognioszczelnej. Wentylator WWG-1000B/55/2N/P jest wentylatorem jednostopniowym, natomiast wentylator WWG-1000B/2x55/2N/P dwustopniowym przeciwbieżnym.

Wentylatory te, podobnie jak konstrukcje z silnikami o mocy 45 kW, służą do przetłaczania powietrza i wentylacji odrębnej wyrobisk górniczych, w układach wentylacji ssącej i tłoczącej. Ich obszar zastosowania jest podobny do omówionych wcześniej wentylatorów z silnikami o mocy nominalnej 45 kW.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono schematy budowy ww. wentylatorów, a w tabeli 2 ich podstawowe parametry techniczne.

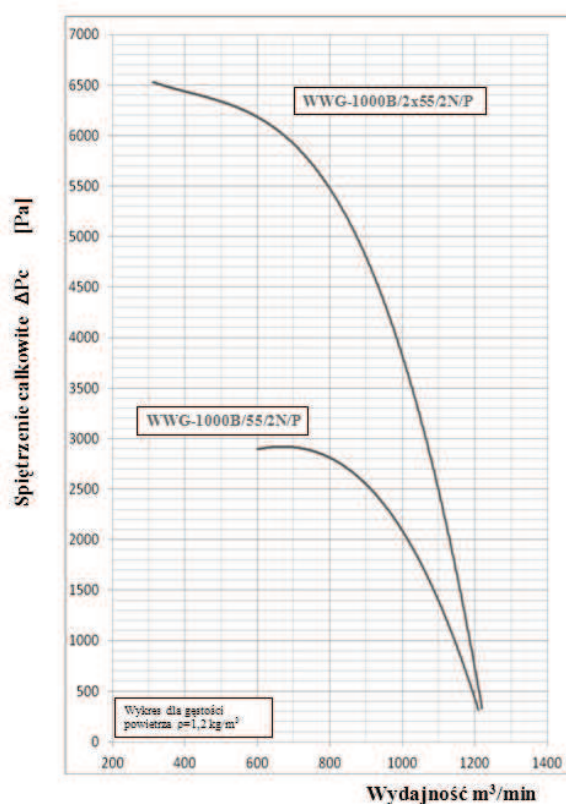


Rys. 4. Schemat wentylatora WWG-1000B/55/2N/P:  
1 – Zespół wlotowy, 2 – Kierownica [4]



Rys. 5. Schemat wentylatora WWG-1000B/2x55/2N/P:  
1 – Zespół wlotowy, 2 – Kierownica [4]

Charakterystyki wentylatorów opracowano na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Przedstawia je rysunek 6.



Rys. 6. Zbiorcza charakterystyka wentylatorów typu WWG-1000B/55/2N/P i WWG-1000B/2x55/2N/P [4]

#### Parametry wentylatorów typu WWG-1000B/55/2N/P i WWG-1000B/2x55/2N/P [4]

Tabela 2

| Parametr               | Jednostka           | WWG-1000B/55/2N/P         | WWG-1000B/2x55/2N/P       |
|------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| Średnica nom.          | mm                  | 1000                      | 1000                      |
| Wydajność nominalna    | m <sup>3</sup> /min | I: 420 / II: 850          | I: 420 / II: 850          |
| Zakres wydajności      | m <sup>3</sup> /min | I: 350÷600 / II: 710÷1210 | I: 300÷600 / II: 600÷1200 |
| Nom. całk. spiężnienie | Pa                  | I: 680 / II: 2700         | I: 1300 / II: 5300        |
| Moc elektr.            | kW                  | I: 12,5 / II: 55          | I: 2x12,5 / II: 2x55      |
| Napięcie               | V                   | 500/1000                  | 500/1000                  |
| Typ silnika            | -                   | dSOKgsk200L4/2N-P         | dSOKgsk200L4/2N-P         |
| Obroty                 | obr/min             | I: 1461 / II: 2957        | I: 1461 / II: 2957        |
| Masa ok.               | kg                  | 1638                      | 3095                      |
| Certyfikat             | -                   | OBAC 14 CZ/ATEX 0414X     | OBAC 14 CZ/ATEX 0415X     |

#### 4. Typoszereg wentylatorów typu WWG-1000B/80/2N/P i WWG-1000B/2x80/2N/P

Wielonapięciowe Wentylatory Górnicze typoszeregu WWG-1000B/80/2N/P produkowane są w trzech odmianach:

- WWG-1000B/80/2N/P,
- WWG-1000B/80/2N/P-1,
- WWG-1000B/2x80/2N/P.

Są to wentylatory lutniowe, osiowe, dwubiegowe o napędzie elektrycznym. We wszystkich wentylatorach zastosowano silniki elektryczne typu dSOKgsk225L4/2N-P o mocy odpowiednio na I biegu 15 kW i na II biegu 80 kW oraz przełączalnym napięciu 500/1000 V i obrotach:

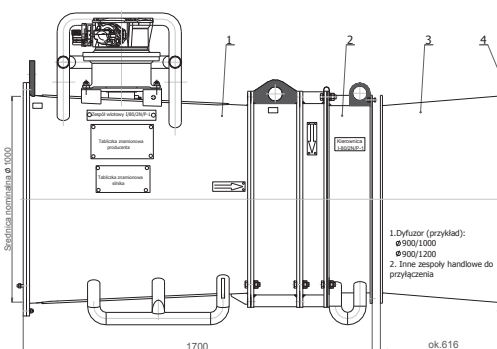
- I bieg: 1461 obr/min,
- II bieg: 2959 obr/min.

Silniki napędzające wentylatory są silnikami elektrycznymi trójfazowymi, budowy ognioszczelnej. Wentylatory WWG-1000B/80/2N/P i WWG-1000B/80/2N/P-1 są wentylatorami jednostopniowymi, natomiast wentylator WWG-1000B/2x80/2N/P jest wentylatorem dwustopniowym przeciwbieżnym.

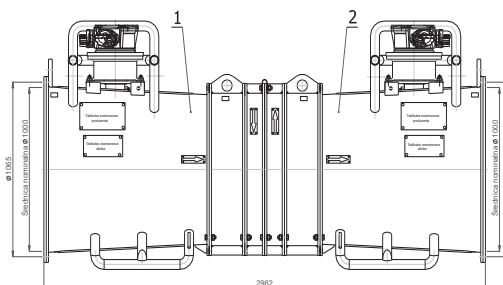
Również te konstrukcje służą do wentylacji wyrobisk górniczych i są dopuszczone do wentylacji ssącej i tłoczącej w podziemnych zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie metanowe oraz zagrożenie wybuchu pyłu węglowego. Należą one do urządzeń grupy I Kategorii M2. Są przystosowane do współpracy z urządzeniami odpylającymi, w szczególności typu UO i/lub klimatyzatorami.

W wentylatorach zastosowano zmienioną konstrukcję wirnika, pozwalającą uzyskać maksymalne ciśnienie oraz wydajność, przy gęstości powietrza w zakresie  $1,2 \div 1,4 \text{ kg/m}^3$ , tj. w warunkach pracy wentylatora bez przekroczenia dopuszczalnej mocy silnika elektrycznego.

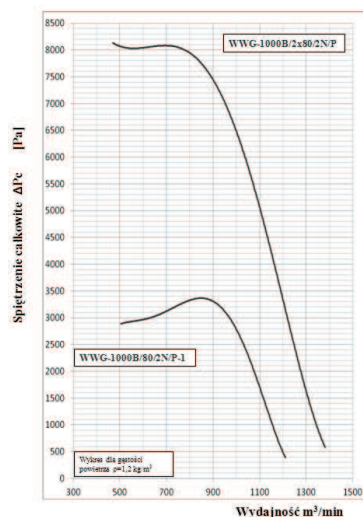
Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono schematy wentylatorów w różnych wersjach, a w tabeli 3 ich podstawowe parametry techniczne, natomiast na rysunku 9 – zbiorcze charakterystyki na II biegu.



Rys. 7. Schemat wentylatora WWG-1000B/80/2N/P: 1- Zespół wlotowy, 2- Kierownica, 3- Dyfuzor, 4- Siatka [4]



Rys. 8. Schemat wentylatora WWG-1000B/2x80/2N/P: 1 – Zespół wlotowy, 2 – Zespół wylotowy [4]



Rys. 9. Zbiorcza charakterystyka wentylatorów typu WWG-1000B/80/2N/P i WWG-1000B/2x80/2N/P [4]

Parametry wentylatorów typu WWG-1000B/80/2N/P i WWG-1000B/2x80/2N/P [4]

Tabela 3

| Parametr             | Jednostka           | WWG-1000B/80/2N/P         | WWG-1000B/80/2N/P         | WWG-1000B/2x80/2N/P       |
|----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Średnica nom.        | mm                  | 1000                      | 1000                      | 1000                      |
| Wydajność nominalna  | m <sup>3</sup> /min | I: 450 / II: 900          | I: 450 / II: 900          | I: 500 / II: 1000         |
| Zakres wydajności    | m <sup>3</sup> /min | I: 450÷550 / II: 900÷1100 | I: 450÷600 / II: 900÷1200 | I: 300÷650 / II: 800÷1350 |
| Nom. całk. ciśnienie | Pa                  | I: 700 / II: 3000         | I: 790 / II: 3300         | I: 1550 / II: 6500        |
| Moc elektr.          | kW                  | I: 15 / II: 80            | I: 15 / II: 80            | I: 2x15 / II: 2x80        |
| Napięcie             | V                   | 500/1000                  | 500/1000                  | 500/1000                  |
| Typ silnika          | -                   | dSOKgsk225L4/2N-P         | dSOKgsk225L4/2N-P         | dSOKgsk225L4/2N-P         |
| Obroty               | obr/min             | I:1461 / II:2959          | I:1461 / II:2959          | I:1461 / II:2959          |
| Masa ok.             | kg                  | 1780                      | 1780                      | 3164                      |
| Certyfikat           | -                   | OBAC 14 CZ/ATEX 0416X     | OBAC 14 CZ/ATEX 0416X     | OBAC 14 CZ/ATEX 0417X     |

## 5. Charakterystyczne cechy konstrukcyjne wentylatorów WVG

W konstrukcjach wentylatorów zastosowano rozwiązania, które zwiększają ich niezawodność oraz zwiększają pole zastosowań, tj.:

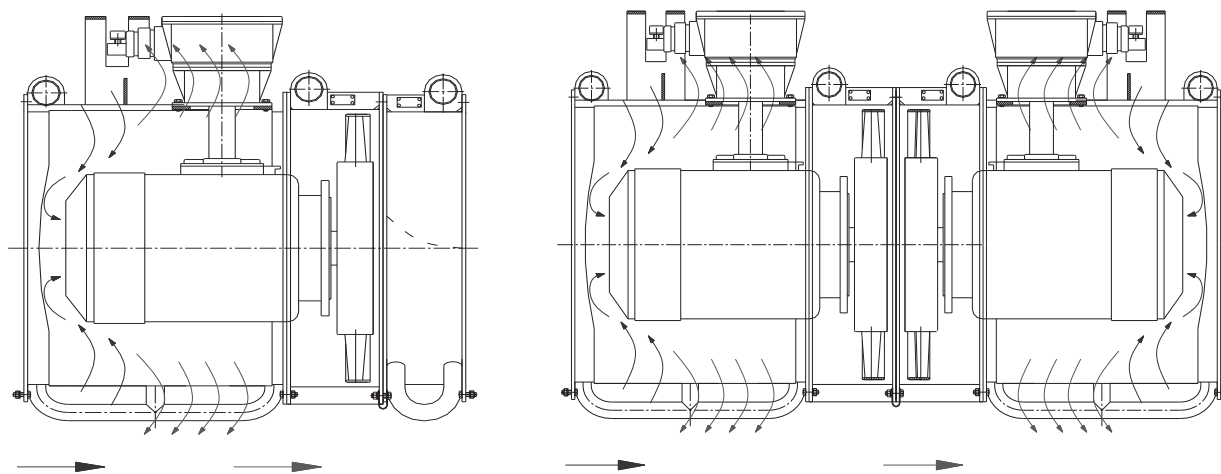
- zmiana konstrukcji wirnika, pozwalająca uzyskać wysokie ciśnienie oraz oczekiwany zakres wydajności, przy gęstości powietrza w zakresie  $1,2 \div 1,4 \text{ kg/m}^3$ , co umożliwia pracę wentylatora bez przekroczenia dopuszczalnej mocy silnika elektrycznego i dopuszczalnych wartości temperatury, na głębokościach poniżej 1000 m,
- zabezpieczenie antykorozyjne wszystkich elementów wentylatora przez ocynkowanie (poza silnikiem),
- nowa obudowa silnika wentylatora, zapewniająca wydajne chłodzenie silnika i wymianę powietrza, przez co powietrze przepływające przez wentylator przejmuje niewielką wartość energii cieplej (rys. 10),
- zastosowanie siatki wlotowej 50x50, przy pracy wentylatora jako tłoczącego lub ssącego (stopień ochrony IP 1X),
- zastosowanie siatki wylotowej 12,5x12,5, przy współpracy z urządzeniami chłodniczymi i odpylającymi (stopień ochrony IP 2X),
- możliwość pracy w układzie szeregowym lub równoległym, jako wentylatory ssąco-tłoczące klasy B,
- zastosowanie tłumików hałasu typu UTH-800 lub UTH-1000 (zalecane zastosowanie po dwa tłumiki hałasu o minimalnej skuteczności tłumienia od 19,7 dB(A) do 18,4 dB(A)).

## 6. Ocena parametrów wentylatorów lutniowych na podstawie wykonanych badań śpiętrzenia i przepływu na stanowisku pomiarowym

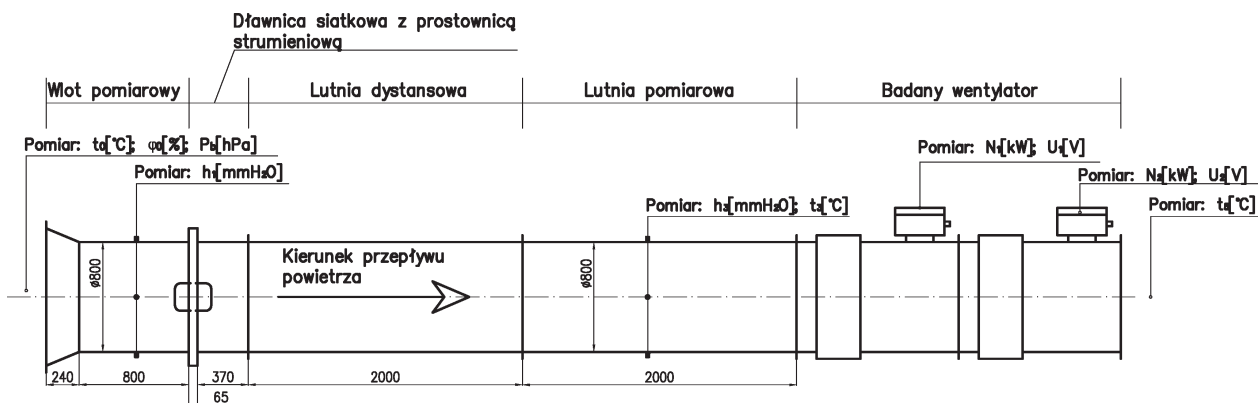
Wentylatory poddano w ITG KOMAG badaniom w celu wyznaczenia charakterystyk ruchowych, zgodnie z normą PN EN ISO 5801:2008 [2].

Badania przeprowadzono na stanowisku typu C (kanał po stronie wlotu do wentylatora, swobodny wylot). Warunki takie odpowiadają montażowi wentylatora za urządzeniem odpylającym (w celu ochrony łopatek przed erozją od pyłu wentylatory montuje się w układzie ssącym, po stronie oczyszczonego powietrza). Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 11.

Badania polegały na wyznaczaniu przebiegu charakterystyk wentylatorów (rys. 3, 6, 9) poprzez określenie parametrów przepływowych oraz parametrów fizykochemicznych powietrza w lutniociągu pomiarowym w różnych stanach ich dławienia. W lutniociągu pomiarowym zabudowano dławnicę siatkową z prostownicą strumienia, w której zmieniano opór hydrauliczny. Warunki przepływu, w których w dławnicy nie umieszczono żadnej siatki odpowiadały największej uzyskiwanej wydajności wentylatora (skrajnie „prawemu” punktowi). W miarę dokładania kolejnych siatek spadała wydajność wentylatora, a wzrastało ciśnienie, aż do osiągnięcia punktu maksymalnego, po przekroczeniu którego wentylator wchodził w stan pompażu. Badania wentylatorów prowadzono do momentu uzyskania wzrostu ciśnienia po stronie pompazowej charakterystyki, co odpowiadało skrajnie „lewemu” punktowi charakterystyki.



Rys. 10. Schemat przewietrzania silnika (wentylator typu B) [4]



Rys. 11. Schemat stanowiska do badań wentylatorów [5]

W trakcie badań rejestrowano:

- parametry fizykochemiczne i termodynamiczne powietrza (temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne),
- wartości podciśnienia względem atmosfery, odpowiadające wartości wydajności powietrza, mierzone na wlocie pomiarowym,
- wartości podciśnienia przed wentylatorem, odpowiadające spiętrzeniu wentylatora,
- wartości parametrów elektrycznych prądu zasilającego silnik elektryczny oraz mocy pobieranej przez silnik.

Na podstawie zarejestrowanych parametrów, przy zastosowaniu metodyki podanej w normie [1] oraz zależności termodynamicznych znanych z tablic, dla każdego punktu obliczono: wydajność powietrza  $V^*$ , spiętrzenie całkowite  $\Delta P$ , sprawność wentylatora  $\eta$  i moc wentylatora  $N$ .

Wartości te pozwoliły określić przebiegi funkcji  $\Delta P=f(V^*)$ ,  $\eta=f(V^*)$  i  $N=f(V^*)$  z rozrzutem wynikającym z błędów pomiarowych ( $\pm 5\%$ ). Krzywe charakterystyk uzyskano za pomocą estymacji obliczonych wartości metodą najmniejszych kwadratów, przybliżając zależności przedstawione na charakterystykach funkcjami wielomianowymi.

## 7. Wnioski

Wprowadzone na rynek wentylatory typu WWG są efektywnymi urządzeniami służącymi do odrębnej wentylacji wyrobisk w podziemiach kopalń węgla kamiennego a zastosowanie dwunapięciowych i dwubiegowych silników elektrycznych zwiększa uniwersalność ich zastosowania.

Opisane wentylatory przystosowano do pracy w warunkach dużej gęstości powietrza, przy dużej wilgotności, na głębokościach poniżej 1000 m, bez przekroczeń mocy dopuszczalnej silnika elektrycznego. Zastosowane rozwiązania konstrukcyjne umożliwiają współpracę wentylatorów z urządzeniami odpylającymi i klimatyzacyjnymi.

Charakterystyki wentylatorów wyznaczone w układzie ssącym na stanowisku badawczym w ITG KOMAG odzwierciedlają ich rzeczywiste parametry ruchowe i mogą znaleźć zastosowanie przy projektowaniu sieci wentylacyjnych.

## Literatura

1. PN-EN 1710+A1:2010 Urządzenia i podzespoły przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
2. PN-EN ISO 5801:2008 Wentylatory przemysłowe. Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych.
3. PN-G-04165:1974 Wentylatory osiowe miejscowego przewietrzania. Podstawowe wymagania.
4. Katalog wentylatorów lutniowych firmy P.H.U. EKO-WIN, Katowice 2014.
5. Jedziniak M.: Celowość doświadczalnego wyznaczania charakterystyk wentylatorów lutniowych. Masz. Gór. 2014 nr 2.

*Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2015 r.*