Z/28a/195

ZA TRUKCYJNO - MECHANIZACYJNE
PRZEMYSŁU WĘGLOWEGO

Z/28a/195

KATALOG

WENTYLATORÓW KOPALNIANYCH GŁÓWNEGO PRZEWIETRZANIA

GLIWICE 1968

5390877

zgpw k-ce, 1631/68 - 1410

ZAKŁADY KONSTRUKCYJNO - MECHANIZACYJNE
PRZEMYSŁU WĘGLOWEGO

KATALOG

WENTYLATORÓW KOPALNIANYCH GŁÓWNEGO PRZEWIETRZANIA

Poradnik Nr 195

GLIWICE 1968

KOMISJA WENTYLACYJNO-POŻAROWA
MINISTERSTWA GÓRNICTWA I ENERGETYKI

Katalog-poradnik został zatwierdzony przez komisję powołaną zarządzeniem nr 34 MGiE z dnia 3.III.1962 w składzie:

Przewodniczący zespołu

mgr inż. Franciszek Kruk

Z-ca Przewodniczącego

Prof. dr inż. Zdzisław Maciejasz

Członkowie:

mgr inż. Zygmunt Gawraczyński
mgr inż. Rudolf Kotarba
mgr inż. Adolf Kwapiński
mgr inż. Marian Paczosa

Opracowanie

mgr inż. Antoni Kukuczka
mgr inż. Adolf Kwapiński

Redaktor naukowy: mgr inż. J.Wiland

Wydawca
ZAKŁADY KONSTRUKCYJNO-MECHANIZACYJNE
PRZEMYSŁU WĘGLOWEGO

Gliwice
ul.Pszczyńska 37

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH
1000275160

Z/28ª/195

K.1573

Wszelkie prawa przedruku zastrzeżone
ZKMPW Nr 436/67r. E-22 5.9.1968 r. Wyd.I 1400+10

zgpw k-ce, 1631/68 - 1410

D 4/22

DO KORZYSTAJĄCYCH Z PORADNIKA

Zwracamy się z uprzejmą prośbą do wszystkich korzystających z poradnika o nadsyłanie pod naszym adresem wszelkich uwag i spostrzeżeń dotyczących treści, układu i formy poradnika.

Nadsyłane uwagi stanowić będą dla nas cenny materiał przy prowadzeniu dalszych prac katalogowych.

Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne
Przemysłu Węglowego
Gliwice, ul. Pszczyńska 37.

Wentylatory omówione w niniejszym poradniku są produkowane przez Zabrzańską Fabrykę Maszyn Górniczych.

Rysunki katalogowe nie są obowiązujące pod względem szczegółów konstrukcyjnych. Zamieszczone dane dotyczące silników są również orientacyjne.

Ze względu na konieczność stosowania w produkcji najnowszych zdobyczy techniki i na postępującą racjonalizację w dziedzinie konstrukcji, należy się liczyć ze zmianami danych wyszczególnionych w poradniku.

Nowy typoszereg wentylatorów głównego przewietrzania pokrywający potrzeby kopalń węgla kamiennego i kopalń rud

Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne Przemysłu Węglowego w Gliwicach opracowały typoszereg wentylatorów głównego przewietrzania pokrywający potrzeby kopalń węgla kamiennego i kopalń rud. Typoszereg został zatwierdzony w dniu 10.IV.1967 r. przez Ministra Górnictwa i Energetyki.

Typoszereg składa się z 7 wentylatorów osiowych oraz 8 wentylatorów promieniowych. Obszary, w których mają mieścić się parametry nominalne typoszeregu wentylatorów głównego przewietrzania, pokazano na rys. 58. Parametry nominalne /tj. wydajność Q i depresja Δp/ poszczególnych wielkości wentylatorów wchodzących w skład typoszeregu powinny być zawarte w kwadratach, jak podano na rysunku: dla wentylatorów osiowych linie ciągłe, dla wentylatorów promieniowych linie kreskowane.

Całkowita optymalna sprawność wentylatora nie może być mniejsza niż 83% dla wentylatorów o wydajności do 4000 m^3/min i 84% dla wentylatorów o wydajności powyżej 4000 m^3/min. Wentylatory będą wyposażone w urządzenia umożliwiające regulację parametrów pracy /np. zmianę ustawienia kątów łopatek wirnikowych i kierowniczych, silniki napędowe dwubiegowe.

Typoszereg wentylatorów głównego przewietrzania składający się z 15 wielkości /7 osiowych i 8 promieniowych/ stanowi zasadniczy szereg wielkości, w którym zachowana będzie daleko idąca unifikacja części.

W szczególnych przypadkach z wentylatorów zasadniczych mogą być, przez zmianę układów łopatkowych, wykonywane wentylatory o parametrach pracy innych, niż podano na rysunku. W powstałym w ten sposób wentylatorze podstawowe elementy konstrukcyjne /np. sprzęgła, łożyska, tarcze/ powinny być takie same jak w wentylatorze zasadniczym z typoszeregu, do którego przystosowano nowy układ przepływowy.

Głośność wentylatorów nie może przekroczyć hałasu dopuszczalnego przyjętego przez RWPG to jest 65 dB.

Przyjęto następujące oznaczenia: jako główny parametr ustala się średnicę wirnika wyrażoną w /m/, którą podaje się po literowym oznaczeniu typu wentylatora:

Przykład:

WOK-4 [W]- wentylator, [O]- osiowy, [K]- kopalniany średnicy 4 m.
WPK-3 [W]- wentylator, [P]- promieniowy, [K]- kopalniany średnicy 3 m.

S p i s t r e ś c i

Część I

str.

1. Wstęp 5
2. Podstawowe pojęcia dotyczące wentylatorów głównego przewietrzania 7
3. Definicje ważniejszych pojęć z akustyki i główne przyczyny hałasów wentylatorów 8
4. Obowiązujące przepisy górnicze dotyczące wentylatorów kopalnianych 13
5. Rewersja wentylatorów kopalnianych 18
6. Wyważanie statyczne i dynamiczne zespołów wirujących 19
7. Dobór wentylatorów do sieci wentylacyjnej 21
8. Sprawdzanie nominalnych parametrów pracy wentylatora 26
9. Odbiór techniczny wentylatorów 27
10. Transport i montaż wentylatorów 27
11. Pierwszy rozruch wentylatora 29
12. Obsługa wentylatora 31
13. Zakres obowiązków maszynisty 34
14. Smarowanie łożysk 37
15. Dozór łożysk 39
16. Wskazówki bezpieczeństwa pracy 46
17. Usterki w pracy wentylatorów, przyczyny i sposób ich usuwania 48
18. Przeglądy okresowe wentylatora 53
19. Ruchowy sposób sporządzania charakterystyk wentylatorów kopalnianych 57
20. Sposób wykonywania pomiarów 64
21. Sposób wykrywania zaburzeń w sieci wentylacyjnej kopalni na podstawie zmian parametrów pracy wentylatora 69
22. Sygnalizacja zaburzeń w kopalnianych sieciach przewietrzania 72

Część II

str.

1. Wentylatory osiowe
1.1. Wiadomości ogólne 79
1.2. Regulacja parametrów pracy 80
1.3. Zalety i wady wentylatorów osiowych 84
1.4. Silniki elektryczne przewidziane do napędu wentylatorów osiowych typu WOK 84
1.5. Dane techniczne wentylatorów osiowych 86
1.6. Wentylator osiowy WOK-2jc 87
1.7. Wentylator osiowy WOK-4j 89
1.8. Wentylator osiowy WOK-4dU-B 93
1.9. Wentylator osiowy WOK-7dU 95
1.10. Wentylator osiowy WOK-8Pz 99

2. Wentylatory promieniowe
2.1. Wiadomości ogólne 106
2.2. Opis techniczny 107
2.3. Parametry pracy wentylatorów WPR/1,8 w zakresie sprawności $\eta \geq 70\%$ 108
2.4. Opis budowy 109
2.5. Układ smarujący 111
2.6. Silnik 112
2.7. Układ rewersji 112
2.8. Sprawdzanie nominalnych parametrów wentylatora 113
2.9. Transport i przechowywanie 113
2.10. Montaż 113
2.11. Wstępny rozruch 114
2.12. Eksploatacja i obsługa 114

Wyciąg z Przepisów Technicznych Eksploatacji Kopalń Węgla w zakresie wytwarzania głównego prądu powietrza 117

Spis fotografii i rysunków 124

CZĘŚĆ I

1. Wstęp

Wentylatory służą do wymiany powietrza znajdującego się w pomieszczeniach. W kopalniach węgla, gdzie wydzielają się różne gazy kopalniane /CO_2, CH_4, NO_2 itp/, sprawa właściwego przewietrzania kopalń jest zagadnieniem pierwszoplanowym.

W wentylacji kopalń rozróżniamy przewietrzanie główne, pomocnicze i przewietrzanie odrębne. Przewietrzanie główne obejmuje całą kopalnię lub znaczną jej część i jest związane z wymianą dużych ilości powietrza w jednostce czasu. Wentylatory służące do przewietrzania głównego noszą nazwę głównych wentylatorów kopalnianych. Przewietrzanie pomocnicze obejmuje rejony wentylacyjne lub ich części, wentylatory do tego celu stosowane noszą nazwę wentylatorów pomocniczych.

Przewietrzanie odrębne ma zastosowanie przy wentylacji ślepych chodników nie włączonych do ogólnego systemu przewietrzania kopalni. Wentylatory stosowane przy tym sposobie przewietrzania noszą nazwę wentylatorów lutniowych.

Praca niniejsza obejmuje wentylatory główne.

Ze względu na konieczność intensywnej wymiany powietrza przyjmuje się, że na każdego pracownika pod ziemią należy dostarczyć co najmniej 10 m^3/min powietrza. Wentylator dobiera się dla określonych warunków przewietrzania kopalni. Zasadniczo wentylator zasysa powietrze z kopalni. W wyjątkowych jednak przypadkach, np. w czasie pożaru może zajść konieczność tłoczenia powietrza do kopalni /przy tzw. rewersji wentylacji/. Pracę rewersyjną uzysku-

je się przez zmianę kierunku obrotów wirnika w wentylatorach osiowych lub za pomocą kanałów obiegowych w wentylatorach osiowych i promieniowych. Depresje statyczne wentylatorów głównego przewietrzania wynoszą od 100 do 1000 mm H_2O.

W zależności od wytwarzanego spiętrzenia, wentylatory kopalniane można podzielić na:

niskiego spiętrzenia - wytwarzające spiętrzenie do 100 mm H_2O
średniego spiętrzenia - wytwarzające spiętrzenie 100 do 300 mm H_2O
wysokiego spiętrzenia - 300 do 1000 mm H_2O

Ze względu na charakter przepływu powietrza przez wirnik rozróżnia się dwa podstawowe typy konstrukcji wentylatorów kopalnianych: osiowe i promieniowe. Każdy z tych typów może mieć po kilka odmian konstrukcyjnych.

Zarówno wentylatory osiowe, jak i promieniowe są maszynami, w których na wirniku zachodzi przekazywanie energii powietrzu przepływającemu. Siły pochodzące od wirujących łopatek /napędzanych silnikiem/ wywołują przyrosty ciśnienia powietrza. W wentylatorach osiowych i promieniowych na wirniku wytwarza się:

- przyrost ciśnienia statycznego, który uzyskuje się na skutek
- zmiany prędkości względnych przepływającego powietrza oraz różnicy prędkości obwodowych na wlocie i wylocie obracającego się koła wirnikowego,
- przyrost ciśnienia dynamicznego jest wywołany zmianą bezwzględnych prędkości powietrza w wirniku.

Ciśnienie dynamiczne może być zamienione w wentylatorze na ciśnienie statyczne. Aby to osiągnąć wypływające z wirnika powietrze jest prowadzone przez nieruchome kanały zwane dyfuzorami. Dyfuzory odznaczają się tym, że mają zwiększające się pola przekrojów w kierunku przepływu powietrza. Wskutek tego następuje zmniejszenie prędkości czynnika i ciśnienie dynamiczne zamienia się w statyczne.

2. Podstawowe pojęcia dotyczące wentylatorów głównego przewietrzania

2.1. Parametry pracy wentylatora: są to wielkości określające jego wydajność, depresję, moc pobieraną przez wentylator i sprawność.

2.2. Wydajność wentylatora: jest to objętościowe natężenie przepływu powietrza zassanego przez wentylator, mierzone w określonych warunkach.
Wydajność wentylatora wyraża się zazwyczaj w jednostkach objętości na jednostkę czasu $/\frac{m^3}{h}; \frac{m^3}{min}; \frac{m^3}{sek}/$

2.3. Ciśnienie statyczne powietrza jest to: - ciśnienie występujące w powietrzu, w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu. Ciśnienie statyczne względe jest mniejsze o ciśnienie otoczenia od ciśnienia statycznego bezwzględnego.
Ciśnienie wyraża się w $\frac{kG}{m^2}$ lub w mm H_2O.

2.4. Ciśnienie dynamiczne powietrza - jest to ciśnienie obliczone na podstawie ciężaru właściwego powietrza i jego prędkości w rozpatrywanym punkcie przepływu.

2.5. Ciśnienie całkowite powietrza-jest to suma ciśnień statycznego i dynamicznego w rozpatrywanym przekroju przepływu.

2.6. Ciśnienie całkowite /na wlocie lub wylocie/ wentylatora jest to ciśnienie całkowite w płaszczyźnie wlotu króćca wlotowego /wylotu króćca wylotowego/ wentylatora.

2.7. Opór sieci - stanowi sumę oporów przy danej wydajności wentylatora zmniejszoną o sumę oporów obliczoną jako sumę różnic ciśnień całkowitych poszczególnych odcinków sieci bez oporów wentylatora i przymkniętych klap /opór otwartej klapy należy do oporu sieci/.

2.8. Depresja statyczna wentylatora - jest to różnica ciśnień statycznych na wylocie i wlocie wentylatora.

2.9. Depresja całkowita wentylatora - jest to różnica między ciśnieniem całkowitym powietrza na wylocie wentylatora, a ciśnieniem całkowitym na wlocie wentylatora.

2.10. Moc oddana przez wentylator - jest to moc przekazana powietrzu, obliczona na podstawie wydajności i dypresji całkowitej wentylatora z uwzględnieniem ściśliwości czynnika.

2.11. Moc pobierana przez wentylator - jest to moc przekazana na wał wentylatora - łącznie ze stratami mocy w łożyskach stanowiących integralną część wentylatora.

2.12. Sprawność całkowita wentylatora - jest to stosunek mocy oddanej przez wentylator do mocy pobieranej przez wentylator

2.13. Otwór równoznaczny, dysza, przez którą przepływa cała objętość powietrza z taką prędkością, że ciśnienie dynamiczne równa się oporowi sieci lub depresji całkowitej wentylatora w rozpatrywanym punkcie charakterystyki. Wielkością charakterystyczną otworu równoznacznego jest pole otworu dyszy w jej części cylindrycznej /m^2/.

Otwór równoznaczny kopalni można obliczyć ze wzoru:

$$A = 0{,}38 \frac{Q}{\sqrt{\Delta pc}} \; m^2, \text{ przy } \quad \gamma = 1{,}22 \; \frac{kG}{m^3}$$

oznaczenia:

A $\left[m^2\right]$ -otwór równoznaczny

Q $\left[m^3/min\right]$ - wydajność wentylatora

$\Delta pc \left[\frac{kG}{m^2}\right]$ - depresja całkowita

2.14. Charakterystyka wentylatora - jest to zależność spiętrzeń całkowitych, spiętrzeń statycznych, mocy pobieranej i sprawności całkowitej wentylatora od jego wydajności, przy stałym ciężarze właściwym czynnika na wlocie do wentylatora i przy stałej prędkości.

3. Definicje ważniejszych pojęć z akustyki i główne przyczyny hałasów wentylatorów

Dźwięk jest to:

a/ zmiana w czasie ciśnienia/naprężenia, położenia cząstek itp./ w ośrodku elastycznym,

b/ wrażenie słuchowe wywołane przyczyną podaną w punkcie a.

Hałas jest to niepożądany dźwięk.

Zmiany ciśnienia /lub innej wielkości/ w czasie, stanowiące dźwięk, mogą odbywać się periodycznie lub aperiodycznie. Mogą one wyrażać się prostą funkcją harmoniczną lub też są one superpozycją skończonej liczby zmian harmonicznych o różnej częstości.

Częstością dźwięku [f] nazywa się liczbę drgań w jednostce czasu.

Okresem [T] nazywa się czas trwania jednego pełnego cyklu

$$T = \frac{1}{f}$$

Długością fali [λ] nazywa się najmniejszą długość odcinka łączącego 2 punkty w polu dźwięku, w których panują identyczne warunki.

Prędkością dźwięku [a] nazywa się prędkość przenoszenia się zaburzenia akustycznego.
Prędkość dźwięku, okres i długość fali wiąże zależność:

$$a = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

Ciśnienie dźwięku [p] jest to zmienna składowa ciśnienia w danym punkcie spowodowana przenoszeniem się zaburzenia akustycznego.
Z przenoszeniem się dźwięku wiąże się przepływ energii.

Intensywnością /natężeniem/ [I] nazywa się strumień energii przypadającej na jednostkę czasu i jednostkę powierzchni.

Moc dźwięku [W] jest to całkowita energia akustyczna wypromieniowana w jednostce czasu przez powierzchnię kulistą otaczającą źródło.

$$W = 4 \pi r^2 I$$

Ze względu na bardzo wielką skalę ciśnień dźwięku, na które reaguje ucho ludzkie i wyrażające się liczbą 10^6, dla wygody przyjęto skalę logarytmiczną odnosząc ciśnienie do pewnej ustalonej wielkości /poziomu/.

Poziom ciśnienia dźwięku [Lp] określony w decybelach wyraża się zależnością:

$$Lp = 20 \log \frac{P}{Po} \quad /dB/$$

P - ciśnienie akustyczne w mikrobarach

Jako ciśnienie /poziom/ odniesienia przyjmuje się:

$$P_o = 0,0002 \qquad /\frac{dyn}{cm}2/$$

P_o - ciśnienie akustyczne porównawcze w mikrobarach, która to wielkość określa próg słyszalności przy częstotliwości:

$$f = 1000 \quad [c/s]$$

Poziom mocy dźwięku lub poziom intensywności /natężenia/ można wyrazić również w podobny sposób jak poziom ciśnienia dźwięku wzorem:

$$L_W = 10 \log_o \frac{W}{W_o} \quad /dB/$$

W_o - natężenie dźwięku porównawczego w $\mu W/cm^2$.

gdzie: $[W_o]$ oznacza poziom odniesienia mocy, który wynosi:

$$W_o = 10^{-10} \mu W/cm^2$$

co odpowiada ciśnieniu akustycznemu $W_o = 2 \cdot 10^{-4}$ bar

Zestawiono przykładowo wielkości poziomu intensywności dźwięku pochodzącego z różnych źródeł, a mianowicie:

Źródła hałasu	Poziom natężenia [dB]
Próg słyszalności	10
Szum liści przy słabym wietrze	20
Szept z odległości 1 m	30
Ciche mieszkanie	40
Rozmowa półgłosem	50
Ciche pomieszczenie robocze	60
Wagon kolejowy	70

Źródła hałasu	Poziom natężenia [dB]
Kabina samolotu pasażerskiego dwumotorowego przy dobrej izolacji	80
Tramwaj w wąskiej ulicy	90
Wagon metro	100
Kabina samolotu bez izolacji	110
Kabina bombowca czteromotorowego	120
Silnik odrzutowy	130 /próg bólu/

Czułość ucha ludzkiego zależna jest od częstotliwości dźwięku. Poziom głośności dźwięku o danej częstotliwości określa się przez porównanie z poziomem ciśnienia lub mocy, przy częstotliwości f = 1000 [c/s] odczuwanym jako jednakowo głośny. Jest to wielkość subiektywna. Jednak ze względu na podobną charakterystykę słyszalności różnych ludzi o normalnym słuchu może być ściśle określona. Jednostką poziomu głośności jest fon. Przy częstotliwości f = 1000 [c/s] poziom mocy dźwięku i poziom głośności określa się tą samą liczbą.

Przy zmianie liczby obrotów wentylatorów zmienia się również natężenie głosu wg następującego wzoru:

$$L' = L + 50 \log \left(\frac{n'}{n}\right) \text{ w fonach.}$$

oznaczenia:

L - pomierzone natężenie hałasu

L' - natężenie hałasu po podwyższeniu obrotów do n'

n' - obroty odnoszące się do hałasu L

wszystkie dane techniczne odnoszą się do ciężaru właściwego powietrza 1,2 kG/cm^3

Poziom mocy akustycznej wentylatora zależy od jego parametrów pracy.

Zależność tę można wyrazić równaniem

$$N = a + b \log Q + c \log \Delta p \quad [dB]$$

gdzie:

Q - wydajność wentylatora $[m^3/min]$
Δp - spiętrzenie wentylatora $[mm\ H_2O]$

Stałe we wzorze zależą od konstrukcji wentylatora przy czym składowa hałasu zależna od wydajności Q ma dominujący wpływ na kształtowanie się wielkości N.
Hałasy dowolnego typu wentylatora osiowego czy też promieniowego wynikają z przyczyn natury aerodynamicznej i mechanicznej.
Hałas pochodzenia aerodynamicznego odgrywa poważną rolę w zakłóceniach dźwiękowych wentylatorów osiowych, a jego ograniczenie nastręcza najpoważniejsze trudności.
Natężenie tego hałasu jest proporcjonalne do piątej potęgi liczby obrotów wentylatora.
Rozróżnia się dwie składowe hałasu aerodynamicznego:
- składową rotacyjną
- składową wirową
Składowa rotacyjna wynika z periodycznych zakłóceń przepływu powietrza w wentylatorze przez pozostające w ruchu obrotowym łopatki wirnika.
Przy dużej liczbie obrotów i gdy kierownice są usytuowane zbyt blisko wirnika, pod wpływem działania tej składowej hałas wentylatora osiowego upodobnia się do dźwięku syreny. Na poziom natężenia tego dźwięku oddziaływuje podstawowa częstotliwość dźwięku.

$$f = n\,z\ /Hz/$$

gdzie:

n - liczba obrotów wentylatora [m/s]
z - liczba łopatek pojedynczego wieńca łopatkowego wirnika.

Jednak poza tą częstotliwością ujawniają się w widmie akustycznym jej harmoniczne w liczbie do pięciu jak to wynika z badań przeprowadzonych przez Doc. dr inż. Zbigniewa Zwierzyckiego często wyższe harmoniczne wywierają wpływ dominujący na zakłócenia dźwiękowe spowodowane pracą wentylatora.

Składowa wirowa jest drugim czynnikiem hałasu natury aerodynamicznej, spowodowanego zjawiskiem odkrywania się strugi powietrza na wieńcach łopatkowych. Na jej ograniczenie zasadniczy

wpływ ma dobór odpowiedniego profilu łopatek oraz staranne ich wypolerowanie. Jednak nawet przy bardzo gładkiej powierzchni łopatki w nowym wentylatorze należy się liczyć z tym, że po pewnym czasie staną się one chropowate.
Wilgotne bowiem powietrze kopalniane zawiera często duże ilości pyłu węglowego, który osiada na łopatkach i tworzy na ich powierzchni trudną usuwalną skorupę. Również w całym szeregu przypadków powietrze unosi piasek podsadzkowy, który ścierając łopatki prowadzi do znacznych zmian profilu.
Istnieje jeszcze wiele innych czynników związanych z turbulencją przepływu i jego niestabilnością, które są przyczyną zakłóceń dźwiękowych. Ich wpływ na hałas natury aerodynamicznej pozostaje przedmiotem badań.
Poza hałasem, wynikającym z przepływu powietrza przez wentylator, występują także zakłócenia pochodzenia mechanicznego. Są one głównie wywołane drganiami wału na skutek niedostatecznie precyzyjnego wyważenia mas wirujących i złą pracą łożysk.
Drgania mechaniczne przenoszą się na osłonę wirnika i na fundament wentylatora. Również napędowy silnik elektryczny jest powodem hałasu czego nie można pominąć w analizie akustycznej urządzeń wentylatorów kopalnianych.

4. Obowiązujące przepisy górnicze dotyczące wentylatorów kopalnianych

W związku z charakterem robót dołowych wymagania stawiane wentylatorom kopalnianym są bardzo ścisłe. Przede wszystkim wentylator musi być niezawodny w działaniu, ponieważ jakikolwiek defekt może spowodować okoliczności bardzo niebezpieczne i straty w produkcji, szczególnie w kopalniach silnie gazowych.

Dla zmniejszenia tych niebezpieczeństw pożądane jest, aby każda kopalnia była wyposażona w dwa główne wentylatory. Z ekonomicznych względów wentylator powinien mieć możliwie największą wydajność w zasięgu swego działania. Powinien on ponadto móc sprostać zwiększonemu zapotrzebowaniu powietrza, gdyż przy zmienionych warunkach geologiczno-górniczych oporność kopalni może się znacznie zmieniać w stosunkowo krótkim czasie. W przypadku gdy oporność kopalni wzrośnie powyżej wartości, dla których wen-

tylator został zaprojektowany, powinien on być w stanie utrzymać przepływ powietrza w kopalni i nie stać się aerodynamicznie niestatecznym.

Wentylator powinien pracować cicho, gdyż kopalnie często znajdują się w pobliżu miast i osiedli. Hałas może przenosić się w dół szybu wydechowego i zagłuszać sygnały szybowe, szczególnie w czasie trwania prac remontowych, kiedy sygnały muszą być podawane z klatki w szybie. Prędkość obwodowa ma wielki wpływ na natężenie wytwarzanego hałasu i dlatego zwykle ogranicza się ją do około 72 m/sek.

Wentylator kopalniany powinien być prosty w konstrukcji i składać się z jak najmniejszej liczby części ruchomych, szczególnie gdy wentylator styka się z przypływającym z kopalni bardzo wilgotnym powietrzem o dużej zawartości pyłu.

W celu zredukowania do minimum kosztów konserwacji, wirnik i części stałe kadłuba stykające się z powietrzem wylotowym powinny być wykonane z materiałów odpornych na korozję lub pokryte materiałem ochronnym. Zaprojektowanie wentylatora w taki sposób, aby łożyska nie były narażone na bezpośrednie działanie powietrza zawierającego wilgoć i pył, przyczynią się znacznie do zwiększenia trwałości i konserwacji wentylatora.

Obowiązujące obecnie w przemyśle węglowym przepisy górnicze precyzują zasadnicze wymagania, którym muszą odpowiadać wentylatory głównego przewietrzania kopalń.

Kopalnie eksploatujące złoża węgla kamiennego muszą być przewietrzane wyłącznie za pomocą wentylatorów ssących zabudowanych na powierzchni /§ 27 pkt.3 Dział V GPBPK/.

W celu zapewnienia ciągłości przepływu powietrza przez kopalnię, na każdym szybie wydechowym, poza czynnym wentylatorem, powinien być zabudowany wentylator rezerwowy. Konstrukcja i sposób zabudowania tego wentylatora muszą gwarantować możliwość włączenia go do ruchu w czasie nie przekraczającym 10 minut. Ponadto, w przypadku instalowania nowych wentylatorów, tak czynny jak i rezerwowy wentylator, muszą być tego samego typu /§30 pkt 1 Dział V/. Brak rezerwowego wentylatora jest dozwolony w wyjątkowych przypadkach, za zgodą Wyższego Urzędu Górniczego i to tylko w kopalniach eksploatujących pokłady niegazowe bądź gazowe I kategorii lub nie skłonne do samozapalenia. Zgoda ta jest uzależniona jednak koniecznością posiadania rezerwowego silnika oraz zapasowych części przekładni /§30 pkt. 2 Dział V GPBPK/.

Ze względu na możliwość zagrożenia pożarowego kopalni w grupowych prądach wdechowych, każdy z wentylatorów musi mieć urządzenia umożliwiające przejście z działania ssącego na tłoczące. Zmiana kierunku działania wentylatora musi być możliwa do przeprowadzenia w czasie nie przekraczającym 10 minut /§ 31 pkt. 1 Dział V GPBPK/.

Wentylatory główne muszą być zaopatrzone w dwa manometry, z których jeden powinien być połączony z kanałem wentylatora przed zasuwą, a drugi za zasuwą. Codzienne odczyty na manometrach muszą być wpisywane do specjalnej książki przechowywanej w kopalnianej stacji ratownictwa górniczego. Kierownik wentylacji jest obowiązany sprawdzać codziennie zapisane odczyty wszystkich manometrów wodnych, a raz w miesiącu osobiście wykonać kontrolne odczyty.

Wentylatory główne w kopalniach gazowych i pożarowych muszą, prócz manometrów wodnych, być zaopatrzone w samopiszące depresjomierze i wolumenometr, połączone z kanałem wentylatora przed zasuwą, tzn. między zasuwą a szybem. Wykresy przyrządów samopiszących muszą być zaopatrzone w datę, a po ich zdjęciu przechowywane co najmniej przez okres trzech miesięcy w kopalnianej stacji ratownictwa górniczego.

W kopalniach eksploatujących pokłady gazowe lub skłonne do samozapalenia, wentylatory główne muszą mieć dwie linie zasilające z dwóch niezależnych źródeł energii, z których jedna musi być napowietrzna.

Zatrzymanie głównego wentylatora lub zmiana warunków jego pracy może nastąpić na zarządzenie kierownika działu robót górniczych działającego w porozumieniu z kierownikiem wentylacji.

W kopalniach eksploatujących pokłady niegazowe, w razie przerwy w działaniu głównych wentylatorów, załoga znajdująca się w strefie występowania gazów szkodliwych musi być wycofana w obręb świeżego powietrza.

W razie zatrzymania głównego wentylatora wskutek uszkodzenia i braku zapasowego wentylatora, musi się otworzyć zamknięcia wylotu szybu wentylacyjnego, w celu połączenia go z atmosferą zewnętrzną i wykorzystania naturalnej depresji do przewietrzania kopalni. W kopalniach eksploatujących pokłady gazowe, w przypadku zatrzymania głównego wentylatora i braku rezerwowego, musi się niezwłocznie wyprowadzić ludzi ze wszystkich przodków pól

gazowych, do prądu świeżego powietrza, przy czym dopływ energii elektrycznej do tych pól musi być wyłączony elektrycznie i mechanicznie. Jeżeli przerwa w ruchu głównego wentylatora przedłuży się ponad pół godziny, kierownictwo ruchu kopalni musi zadecydować o konieczności wyjazdu załogi na powierzchnię. Ponowne obłożenie przodku oraz włączenia dopływu energii elektrycznej po przerwie w pracy wentylatora głównego, trwającej dłużej niż 30 minut, może nastąpić po zbadaniu przodków przez dozór lub też przez metaniarza.

W polach gazowych, po każdej przerwie w ruchu wentylatora głównego trwającej dłużej niż 10 minut, wszystkie przodki oraz miejsca, gdzie znajdują się urządzenia elektryczne,muszą dokładnie zbadać osoby dozoru ruchu lampami wskaźnikowymi lub metanomierzami. Badanie to musi objąć odcinek wyrobisk od ich przodków na długości 20 m lub do miejsca, gdzie znajdują się urządzenia elektryczne.

Wentylatory główne i pomocnicze muszą obsługiwać odpowiednio wyszkoleni maszyniści, którzy złożyli egzamin przed kierownikiem ruchu maszynowego.

W kopalniach eksploatujących pokłady skłonne do samozapalenia istnieją największe zagrożenia pożarowe i związane z tym możliwości odwracania się prądów powietrza. W tych kopalniach wentylatory główne powinny wytwarzać depresję nie niższą niż 80 mm H_2O. Na zabudowanie w nowych kopalniach wentylatora głównego o depresji niższej jak 80 mm H_2O musi być specjalna zgoda Okręgowego Urzędu Górniczego /§ 826 PTEKW/.

W związku z tym, że warunki eksploatacji w kopalniach ulegają okresowo zmianie, co pociąga za sobą zwiększenie lub zmniejszenie wymaganej ilości powietrza bądź depresji, każdy z wentylatorów powinien mieć urządzenie umożliwiające regulację jego pracy /§ 832 PTEKW/. Kontrola tych urządzeń jak i sama regulacja pracy wentylatora należy do obowiązków kierownika wentylacji /§ 838 PTEW/.

Zaleca się wprowadzenie pełnej bądź częściowej automatyzacji pracy wentylatorów /§ 835 pkt. 2 PTEW/.

Na podstawie powyżej przytoczonego wyciągu z obowiązujących przepisów górniczych, każdy kopalniany wentylator główny powinien mieć:

- depresję wyższą od 80 mm H_{20}
- regulację pracy umożliwiającą zwiększenie lub zmniejszenie wydajności i depresji

- rezerwę w wydajności w każdym punkcie pracy - /co najmniej 10%/,
- możliwość przejścia na pracę rewersyjną w ciągu 10 minut,
- zdolność uruchamiania i włączania do sieci wentylacyjnej w ciągu 10 minut.

Charakterystyka wentylatora, zgodnie z Zarządzeniem Nr 57 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 11.04.1960 r., jest to wykreślne przedstawienie zależności:

1) wielkość depresji lub naporu statycznego;
2) zużywanej mocy przez wentylator bądź przez zespół wentylatora i silnika napędowego;
3) wielkości współczynnika sprawności wentylatora bądź zespołu wentylatora i silnika napędowego od ilości powietrza /wydatku powietrza/ przepływającego przez wentylator.

Przy wentylatorach osiowych z nastawialnymi łopatkami, należy sporządzić charakterystyki przy różnych kątach ustawienia łopatek kierowniczych i wirnikowych.

Charakterystyki określone powyżej należy wykonać każdorazowo:

- przed oddaniem do ruchu nowo zmontowanego wentylatora,
- po przeprowadzeniu naprawy głównej wentylatora,
- przy zmianie warunków pracy wentylatora /zmiana obrotów, zmiana mocy silnika napędowego/.

Niezależnie od tego, charakterystyka każdego wentylatora powinna być aktualizowana co 5 lat.

Wentylatory główne przystosowane do zmiany kierunku przepływu powietrza /kanały obiegowe zmiana kierunku obrotów/powinny mieć, oprócz charakterystyki dla normalnych warunków pracy, charakterystykę dla odwróconego kierunku przepływu powietrza.

Charakterystyki wentylatorów należy przechowywać u inżyniera wentylacji i głównego mechanika kopalni oraz w dziale maszynowym właściwego zjednoczenia przemysłu węglowego.

Według zalecenia Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 14.X.1963 r. L.dz.PP 453-5/6132/63 należy:

1. Napędy wentylatorów głównych, tak w kopalniach gazowych jak i niegazowych, ustawiać w pomieszczeniach bezpiecznych, nie zagrożonych wybuchem.
2. Aparatura i urządzenia do kontroli temperatury łożysk w wentylatorach głównych powinny działać dwustopniowo, zarówno w kopalniach gazowych jak i niegazowych, przy czym:

I stopień powinien sygnalizować optycznie i akustycznie przekroczenie dopuszczalnej temperatury w łożyskach wentylatora.
II stopień powinien powodować wyłączenie z ruchu dotychczas czynnego wentylatora w razie przekroczenia krytycznej temperatury w łożyskach oraz załączenie wentylatora rezerwowego.
Przełączenie wentylatorów powinno być sygnalizowane optycznie i akustycznie za pomocą sygnalizacji ruchu wentylatorów.

3. Sygnalizacja, jak w punkcie 2, powinna się znajdować na stanowisku obsługi wentylatorów; pożądanym jest jednak, aby sygnalizacja ta znajdowała się również w dyspozytorni kopalni.

4. W razie braku wentylatora rezerwowego, nie jest dozwolone samoczynne wyłączanie wentylatora z ruchu przy przekroczeniu krytycznej temperatury łożysk. Należy natomiast zastosować dwustopniową sygnalizację optyczno-akustyczną.
Wyłączenie wentylatora z ruchu może nastąpić w sposób zgodny z § 34 Dz.V. cz.I GPBPK.

Okres próbny pracy nowo zabudowanego wentylatora powinien trwać 10 dni /zarządzenie Nr 136 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 5.VII.1958 r./.
Szczegółowe przepisy zamieszczono na końcu poradnika.

5. Rewersja wentylatorów kopalnianych

Zgodnie z obowiązującymi przepisami górniczymi /§ 31 pkt. 1D Dział VGPBPK/, każdy wentylator kopalniany musi mieć możliwość przejścia w ciągu 10 minut z pracy ssącej na tłoczącą.
Wprawdzie przepisy nie określają wielkości wydajności ani depresji przy tłoczeniu, to jednak wentylator powinien mieć identyczne parametry przy pracy normalnej i po rewersji.

Między ilością powietrza przy rewersyjnej i normalnej pracy wentylatora zachodzi związek:

$$Q_{rew} = K \quad Q$$

Współczynnik K przy idealnej rewersji będzie miał wartość = 1.

Powszechnie znane są dwa sposoby rewersji wentylatorów, a mianowicie:

- za pomocą kanałów obiegowych wraz z systemem klap i zasuw /w wentylatorach osiowych i promieniowych/
- przez zmianę kierunku obrotu wirnika /w wentylatorach osiowych/.

Najwyższe wartości współczynnika K dają kanały obiegowe, które jednak w starych rozwiązaniach dość znacznie podwyższały koszt budowy wentylatora. Bardzo poważną wadą tego sposobu rewersji, przy normalnym rozwiązaniu, bez automatyzacji, jest duża liczba czynności związanych z zamykaniem bądź otwieraniem różnych klap i zasuw. W konsekwencji, czynności te pochłaniają dużo czasu, przekraczając znacznie przepisowe 10 minut. Przez zautomatyzowanie prac potrzebnych do przeprowadzenia rewersji, okres ten można poważnie skrócić. Należy również zaznaczyć, że wentylator jest obsługiwany praktycznie przez jednego pracownika, który w razie pożaru w kopalni i związanym z tym ewentualnym zadymieniem nie może wejść do kanałów w celu manewrowania klapami.

Przez zmianę kierunku obrotów wirnika można uzyskać rewersję wyłącznie w wentylatorach osiowych.

Istnieją konstrukcje wentylatorów o łopatkach wirnikowych symetrycznych bądź dwukierunkowych, lecz pomimo współczynnika K=1, nie mają praktycznie zastosowania, ze względu na bardzo niską sprawność.

Ważnym elementem w wentylatorach osiowych są układy łopatek kierowniczych, a szczególne znaczenie ma sposób ustawienia tych łopatek /zawirowanie współbieżne bądź przeciwbieżnie/ oraz możliwość zmiany kąta ich nachylenia. W zależności od wymienionych czynników będą się zmieniać w mniejszym lub większym stopniu wartości współczynnika K.

Niejednokrotnie, w razie bardzo małych wartości współczynnika K, buduje się w wentylatorach osiowych kanały obiegowe, które mimo swej długości i dużego łuku jaki musi mieć kanał przy wentylatorach osiowych, mogą wartości współczynnika znacznie podwyższyć.

6. Wyważanie statyczne i dynamiczne zespołów wirujących

Najstaranniejsze nawet wykonanie wirnika wraz z łopatkami wirnikowymi nie może wyeliminować szkodliwego działania odśrodkowych sił bezwładności wywołanych jego niewyważeniem, a to ze względu na nieuniknione tolerancje wykonania i niejednorodność materiału. Wirnik więc po wykonaniu musi być starannie wyważony, dzięki czemu uzyskuje się prawidłową pracę zespołu wirującego wentylatorów osiowych i promieniowych. Przy stałej prędkości obrotowej siła bezwładności każdej cząstki masy wirnika jest skierowana promieniowo.

Celem wyważenia mas wirujących jest usunięcie dodatkowych reakcji dynamicznych w łożyskach. Przy dużych prędkościach obrotowych, nawet nieznaczne niewyważenie może się stać źródłem dużych niezrównoważonych sił odśrodkowych mogących wielokrotnie przekraczać wartości reakcji statycznych. Reakcje dynamiczne, w odróżnieniu od statycznych, wirują z prędkością kątową niewyważonego elementu, są przyczyną powstawania dodatkowych naprężeń, powodują szkodliwe obciążenie dynamiczne łożysk, zwiększają siły tarcia i pogarszają smarowanie łożysk tocznych lub ślizgowych, co obniża sprawność wentylatora, zwiększa zużycie łożysk i powoduje konieczność częstych remontów zespołów wirujących, w krytycznych przypadkach niewyważenie wirnika może doprowadzić do całkowitego zniszczenia łożysk.

Niezrównoważone odśrodkowe siły bezwładności przenoszą się poprzez łożyska i stojaki na obudowę, co w konsekwencji jest głównym źródłem powstawania drgań, zwiększających hałaśliwość wentylatora.

Oznaką statycznego wyważenia zespołu wirującego jest właściwość zachowania stanu spoczynku w każdym położeniu, przy poziomo ustawionej osi zespołu wirującego. Nie oznacza to jednak, że zespół wirujący wentylatora został wyważony statycznie z wymaganą dokładnością, w rzeczywistości bowiem siły tarcia w miejscach podparcia osi przeciwstawiają się ruchowi zespołu wirującego, jeżeli moment sił tarcia jest większy od momentu kierującego siły ciężkości zespołu wirującego. Wyważenie statyczne przeprowadza się na pryzmach lub krążkach. Najprostszym urządzeniem do wyważania statycznego są równoległe poziomo ułożone szyny o odpowiednim przekroju, które stanowią podparcie osi zespołu wirującego. Otrzymuje się wówczas wahadło fizyczne mogące wykonywać wahania dookoła położenia równowagi trwałej, w której środek masy usytuuje się w pionie pod wpływem siły obrotu. Robocza powierzchnia szyn powinna być zahartowana i dokładnie wyszlifowana, a oś zespołu wirującego dokładnie wypoziomowana.

Wyważanie dynamiczne zespołów wirujących wentylatorów przeprowadza się na wyważarkach i polega na wahliwym ułożyskowaniu zespołu wirującego. Powstałe przy wirowaniu siły odśrodkowe, pochodzące od niewyważonych mas zespołu wirującego, powodują drgania wymuszone łożysk. Przez odpowiedni dobór promienia, który jest zależny od wielkości wirnika i wysokości kołysek łożysk,

można należycie dobrać częstotliwość drgań własnych zespołu: wirnik - łożyska, ustawić pomiar wychyleń drgań przez wykorzystanie współbrzmienia z drganiami wymuszonymi. Wielkość i położenie ciężarka równoważącego ustala się przez określenie na końcówkach wału wirującego miejsc największych wychyleń, pod wpływem niewyważonych mas wirnika i ciężarka próbnego oraz zmierzenie wielkości podwójnych amplitud drgań.

Przy krytycznej liczbie obrotów niewyważona masa wyprzedza wychylenie kołyski o 90^{o}, przy liczbie obrotów większej od krytycznej - o kąt większy niż 90^{o}. Konieczność wyważania dynamicznego zachodzi nie tylko po wykonaniu zespołów wirujących wentylatorów, ale sporadycznie w trakcie eksploatacji.

Dopuszczalna podwójna amplituda drgań po wyważeniu dynamicznym powinna wynosić:

tablica 1

Ciężar zespołu wirującego /T/	Podwójna amplituda drgań /mm/	
	Przy krytycznej liczbie obrotów	Przy nadkrytycznej liczbie obrotów
1 ÷ 4	0,08	0,02
4 ÷ 8	0,12	0,02
8 ÷ 12	0,15	0,03
12 ÷ 20	0,20	0,05

Do wielkości podanych w tablicy należy dodać zmierzoną wielkość owalu czopów.

Wielkość niewywagi statycznej dopuszcza się w praktyce do 80G na obwodzie. Po wyważeniu dynamicznym zespołów wirujących wraz z łopatkami wirnikowymi, wielkość bicia resztkowego czopów na wyważarce nie może przekraczać 0,25 mm.

7. Dobór wentylatorów do sieci wentylacyjnej

Ważnym czynnikiem w doborze wentylatora dla kopalni jest ustalenie zakresu zmiany otworu równoznacznego sieci wentylacyjnej w czasie eksploatacji wentylatora. Dlatego też wentylator przewidziany do zainstalowania w systemie sieci wentylacyjnej nowej kopalni powinien mieć możliwość regulacji parametrów pracy.

Wentylator z łopatkami umocowanymi na stałe ma stosunkowo małą elastyczność wydajności i jeżeli oporność kopalni wzrośnie, łopatki wentylatora mogą być przeciążone, a w konsekwencji ciśnienie wytwarzane przez wentylator znacznie spadnie.
W wirujących łopatkach mogą wystąpić gwałtowne drgania krytyczne i jeżeli wentylator w tych warunkach pracuje przez dłuższy czas, łopatki mogą nie wytrzymać zmęczenia wskutek sił zginających.

Osiowe wentylatory mogą zapewnić elastyczność wydajności i mogą być dostosowane do szerokiego zakresu oporności, jeżeli są wielostopniowe i przystosowane do zmiany kąta nachylenia łopatek kierowniczych i wirnikowych.

Ważne jest określenie otworu równoznacznego systemu sieci wentylacyjnej, w której ma być zainstalowany wentylator oraz wymagany zakres regulacji jego parametrów w czasie eksploatacji.

Po zainstalowaniu wentylatora należy sporządzić jego ruchową charakterystykę i znaleźć punkt pracy wentylatora w danej sieci. Mają tu wdzięczne pole inżynierowie wentylacji, którzy przez odpowiedni dobór i ustawienie wentylatora oraz okresowe ekonomiczne dostosowanie go do pracy przy odpowiednich otworach równoznacznych i najwyższych w danych wypadkach sprawnościach, mogą osiągnąć znaczne oszczędności energii elektrycznej.

Z kwestią ustawienia wentylatora na odpowiednie parametry pracy wiąże się ściśle sprawa konstrukcji wentylatora pod kątem widzenia zdolności regulacji.
Charakterystyki wentylatorów kopalnianych powinien cechować szeroki zakres pracy, przy wysokich sprawnościach. Dlatego krzywe sprawności powinny przebiegać możliwie płasko, a zakresy pracy przy wysokich sprawnościach powinny być jaknajwiększe. Należy zaznaczyć, że wentylator o wysokiej sprawności, ale źle dobrany dla kopalni pracującej na innym otworze niż ten, na który był przewidziany, będzie pracował nieekonomicznie, co może pociągnąć za sobą duże straty energii elektrycznej, szczególnie przy wysokich mocach zainstalowanych.

Regulacja parametrów pracy wentylatorów może odbywać się w czasie ruchu wentylatora bądź w czasie postoju. Regulację w czasie postoju można przeprowadzić przez zmianę obrotów w wentylatorach osiowych i promieniowych - lub przez zmianę ustawienia łopatek wirnikowych, ewentualnie przez zmniejszenie liczby łopatek wirnikowych. Wymaga to jednak uzgodnienia z konstrukto-

rem i wykonawcą wentylatora. Regulacja w czasie ruchu i postoju może następować przez zmianę ustawienia łopatek kierowniczych w wentylatorach osiowych i promieniowych.

Regulacji przez dławienie, jako niskosprawnej, nie powinno się stosować w wentylatorach kopalnianych.

Regulacja w czasie ruchu wentylatorów kopalnianych, ze względu na nieznaczne wahania w czasie otworu równoznacznego nie jest konieczną i nie powinna być stosowana. Dla wentylatorów kopalnianych zupełnie wystarczającą jest regulacja w czasie postoju.

Pod kątem widzenia efektów ekonomicznych, regulację przez zmianę obrotów należy, w zastosowaniu do wentylatorów kopalnianych, uznać za najmniej właściwą, ze względu na stromość krzywych sprawności przy tego rodzaju regulacji.

Korzystniejszą jest regulacja przez zmianę ustawienia łopatek kierowniczych, daje ona jednak wąski obszar zmiany parametrów pracy przy wentylatorach osiowych. Najszerszy zakres zmiany parametrów pracy w obszarze wysokich sprawności daje zmiana kątów ustawienia łopatek wirnikowych w wentylatorach osiowych. Ponadto w wentylatorach osiowych, dwustopniowych możliwa jest wysokosprawna praca wentylatora z jednym wirnikiem, przy obniżeniu depresji o około 50%. W tym przypadku konstrukcja wentylatora musi być przystosowana do takiej regulacji, przez co w znaczny sposób rozszerza się zakres ekonomicznej pracy wentylatora. W razie konieczności pracy wentylatora osiowego na niższych parametrach pracy, możliwa jest również jego praca przy połowie liczby łopatek, jeśli konstrukcja jest przystosowana do takiej regulacji.

Dzięki wyżej opisanym możliwościom regulacji wentylatorów osiowych z regulowanymi łopatkami wirnikowymi, wentylatory tego typu są uznane powszechnie jako najbardziej odpowiednie dla górnictwa. - Korzystne przy tym jest sprzężone przestawianie jednocześnie wszystkich łopatek wirnika w czasie postoju /stosowane między innymi przez firmy Dingler, Wedag i Joy/.

Na zakończenie omawiania charakterystyk wentylatorów, należy wspomnieć o kształcie krzywych charakterystyk wydatku w funkcji ciśnienia. Istnieje pogląd, że krzywe ciśnienia i wydatku w wentylatorach kopalnianych powinny być strome. Taki przebieg krzywych charakterystycznych wentylatorów kopalnianych należy uznać za najwłaściwszy, ale jeśli chodzi o wentylatory osiowe z regu-

lowanymi łopatkami wirnikowymi lub kierowniczymi, nie należy zbytnio przeceniać stromizny krzywych, ze względu na możność szerokiej regulacji i niewielką zmianę parametrów w krótkich okresach czasu. Dużo istotniejszą jest kwestia tak zwanego siodła charakterystyki wydatków i depresji. Jeśli chodzi o wentylatory osiowe, to ze względu na ich szeroką zdolność regulacji, znając charakterystykę wentylatora, można się ustrzec od jego pracy w obszarze pompowania, stosując odpowiednie do warunków zabiegi.

Po omówieniu zagadnień dotyczących doboru typu wentylatora, z punktu widzenia jego warunków pracy, należy omówić cechy eksploatacyjno-konstrukcyjne.

Ze względu na to, że awaria wentylatorów głównego przewietrzania może pociągnąć za sobą konieczność przerwania wydobycia, a brak wentylacji sprzyja ponadto wzrostowi niebezpieczeństwa pożarowego, od wentylatorów kopalnianych jest wymagana szczególna pewność ruchu oraz łatwość konserwacji i wymiany części uległych naturalnemu zużyciu bądź z przyczyn awaryjnych. Najczęściej awarie wentylatorów są spowodowane uszkodzeniem łożysk oraz uszkodzeniem łopatek, szczególnie przy wentylatorach osiowych.

Uszkodzenia łożysk występują najczęściej w wentylatorach wyposażonych w łożyska toczne, zwłaszcza jeśli brak jest urządzeń kontrolujących prace łożysk. Łożyska toczne, poza szeregiem zalet, mają tę wadę, że stwierdzenie zużycia łożysk mogącego spowodować awarię jest bardzo trudne, uszkodzenie następuje nagle i powoduje konieczność natychmiastowego wyłączenia maszyny z ruchu, a w sporadycznych przypadkach powoduje nawet uszkodzenie części wentylatora, np. skrzywienie wału, zatarcie bądź uszkodzenie łopatek.

Łożyska toczne zastosowane do wentylatorów głównego przewietrzania mają ponadto tę wadę, że ich wymiana powoduje konieczność ściągania sprzęgieł, przez co czas wymiany łożysk jest długi, a czynności montażowe z tym związane są skomplikowane i wymagają dużej fachowości i staranności. Tych wad nie mają łożyska ślizgowe i dlatego, ze względu na pewność ruchową, są one zalecane przede wszystkim w wentylatorach głównego przewietrzania. Ze względu na to, że często wentylatory kopalniane nie mają stałego nadzoru, pożądane jest, aby wentylatory były wyposażone w automatyczne urządzenia smarujące oraz urządzenia sygnalizujące nadmierne podwyższenie temperatury łożysk.

Jest to szczególnie istotne przy wentylatorach osiowych, przy których dostęp do łożysk w czasie pracy maszyny jest utrudniony albo wręcz niemożliwy. Jedną z przyczyn nadmiernego zużywania się łożysk w wentylatorach oraz niespokojnej pracy napędu jest występujące po pewnym czasie eksploatacji "rozważenie się" zespołu wirującego. Niewyważenie wirnika może powstać z powodu korozji i erozji łopatek wirnikowych, bądź nierównomiernego zanieczyszczenia łopatek. Ze względu na niższe prędkości względne w wentylatorach promieniowych oraz specyfikę przepływu powietrza pomiędzy łopatkami, wentylatory promieniowe są bardziej niż osiowe czułe na zanieczyszczenia i korozję. Spowodowało to, że coraz rzadziej stosuje się wentylatory promieniowe dwustronnie ssące, w których z biegiem czasu występuje zwiększenie drgań zespołu wirującego, ze względu na znaczne wydłużenie wału.

Wentylatory osiowe, w których łożyska wału głównego są rozstawione blisko, a przede wszystkim w których łopatki wirników, ze względu na wysokie prędkości, nie ulegają zanieczyszczeniu i w mniejszym stopniu ulegają korozji.

W związku z tym kanał wentylacyjny łączący szyb z wentylatorem powinien być tak zaprojektowany, aby prędkość przepływającego powietrza nie przekraczała 13 m/sek. Przy takiej prędkości pył może się osadzać w kanale, co chroni układ wirujący przed erozją i łopatki wirnikowe i kierownicze nie ulegają zanieczyszczeniu, a tym samym unika się nadmiernych drgań spowodowanych "rozważeniem się" zespołu wirującego. Kanał oczywiście wymaga okresowego czyszczenia.

W celu zapewnienia równomiernego napływu i wypływu powietrza oraz zmniejszenia hałasu wentylatorów, zabudowuje się kierownicę w kanałach wentylacyjnych. Kierownice należy zabudować w kanałach zmieniających kierunek przepływu ssanego powietrza. Kierownice, które zabudowuje się na ssaniu, należy projektować na zasadzie podobieństwa geometrycznego.

Zadaniem kierownic zabudowanych w kanale ssącym jest wyprostowanie strug powietrza, a tym samym zagwarantowanie równomiernego napływu powietrza na pierwszy stopień zespołu wirującego wentylatora. Równomierny napływ powietrza na łopatki kierownicze wentylatora ma zasadniczy wpływ na sprawność instalacji wentylacyjnej, co odzwierciedla się w zmniejszeniu zużycia mocy przez wentylator.

Łopatki kierownicze zabudowuje się również w miejscu, w którym kanał zmienia kształt, i powietrze wypływa z wentylatora. Kierownice, które są zabudowane u wylotu wentylatora są projektowane dla każdego wentylatora w Zakładach Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego. Kierownice wykonywane są z blachy bądź z betonu.

Zadaniem kierownic zabudowanych w kanale wylotowym jest zapewnienie prawidłowego wypływu powietrza z wentylatorów, co ma istotne znaczenie w ograniczeniu hałasu wentylatora.

8. Sprawdzanie nominalnych parametrów pracy wentylatora

Podstawą stwierdzenia nominalnych parametrów pracy wentylatora powinna być charakterystyka sporządzona przez instytut naukowy. Stwierdzenie dotrzymania nominalnych parametrów pracy wentylatora /punktu nominalnego charakterystyki/ powinno odbyć się komisyjnie.

W skład komisji powinni wejść przedstawiciele instytutu wykonującego charakterystykę, przedstawiciele producenta i przedstawiciele Zakładów Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego.

Pomierzona wydajność może się różnić ± 5% od wydajności znamionowej podanej przez producenta. Natomiast sprawność całkowita wentylatora może być mniejsza o 5% od sprawności znamionowej pomierzonej w czasie badania prototypu danego typu wentylatora.

8.1. Zmiana parametrów pracy wentylatora

Jeśli charakterystyka wentylatora ma tak zwane siodło, a tym samym część niestabilną pracy, to przy zmianie otworu równoznacznego kopalni może zajść konieczność przestawienia łopatek wirnikowych dla ustalenia pracy wentylatora w sieci wentylacyjnej w stabilnej części gałęzi charakterystyki wentylatora. Odpowiedni kąt przestawienia łopatek wirnika odczytuje się z charakterystyki wentylatora wykonanej po montażu.

Aby przeprowadzić przestawienie łopatek wirnika, należy po zatrzymaniu wentylatora dostać się przez włazy do zespołu wirującego, w celu zluzowania nakrętek ustalających łopatki wirnikowe. Po przestawieniu wszystkich łopatek wirnika na żądany kąt, należy dokręcić nakrętki i zabezpieczyć je oraz docisnąć wkręty ustalające. Po sprawdzeniu stanu zamocowania łopatek należy uruchomić na krótką chwilę wentylator, a po zatrzymaniu sprawdzić,

czy luzy promieniowe i osiowe, mierzone w kilku punktach zespołu wirującego wentylatora, są jednakowe. Podobnie zresztą postępuje się przy regulacji parametrów pracy za pomocą ruchomych łopatek kierowniczych. Szczegółowy opis zmiany parametrów pracy wentylatora osiowego podano w części II.

9. Odbiór techniczny wentylatorów

Dla wentylatorów osiowych produkowanych seryjnie przez Zabrzańską Fabrykę Maszyn Górniczych w Zabrzu, opracowano warunki odbioru technicznego, które są podstawą przyjęcia wentylatora przez odbiorcę.

W razie zauważenia nieprawidłowości w pracy zmontowanego wentylatora, komisja odbiorcza może posłużyć się przy kontroli tak warunkami technicznymi odbioru wentylatorów, jak i warunkami technicznymi odbioru montażu wentylatorów.

Do odbioru montażu wentylatora można przystąpić dopiero po próbnym ruchu wentylatora, tj. po minimum 250 godzinach nieprzerwanej pracy.

10. Transport i montaż wentylatorów

Transport wentylatorów osiowych, podobnie jak i innych tego rodzaju maszyn i urządzeń, powinien być tak zorganizowany, aby uchronić wentylator przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wpływami atmosferycznymi. Dlatego też wentylatory mniejszych rozmiarów powinny być pakowane w skrzynie, ewentualnie obijane deskami, natomiast duże jednostki w inny sposób odpowiednio zabezpieczone. W zasadzie wszystkie wentylatory powinny być transportowane środkami zamkniętymi.

Przy ładowaniu i rozładowywaniu wentylatorów osiowych oraz w transporcie należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby obudowa wentylatora osiowego nie zmieniła kształtu z cylindrycznego na owalny, zwłaszcza w płaszczyźnie obracającego się wirnika. Minimalne nawet zniekształcenie obudowy prowadzi do nierównomierności szczeliny nadłopatkowej a nawet do ocierania łopatek o obudowę. Dlatego też, jak to się często w praktyce zdarza, nie wolno przetaczać wentylatorów, a tylko przesuwać je na podstawie lub przenosić. Wentylatory przed składowaniem w magazynach oraz

przed transportem muszą być zabezpieczone powłokami ochronnymi przez miniowanie i malowanie, natomiast części, których nie można pomalować muszą być odpowiednio konserwowane smarami. Malowanie i szpachlowanie łopatek kierowniczych i wirnikowych jest zabronione. Przed zamontowaniem wentylatora do sieci wentylacyjnej, należy sprawdzić wszystkie połączenia śrubowe, czy w czasie transportu nie uległy rozluźnieniu.

Szczególnie ważne jest zamocowanie łopatek do tarczy wirnikowej, jeśli są nastawne oraz zabezpieczenie wirnika na wale wentylatora. Również bardzo ważne jest sprawdzenie wyważenia dynamicznego zespołu wirującego wentylatora.

Jakkolwiek wirniki wentylatorów osiowych są wyważane statycznie i dynamicznie w wytwórni, to jednak ze względu na możliwości powstania zdeformowań w czasie transportu zaleca się po zamontowaniu zespołu wirującego w obudowie wentylatora ponownie sprawdzić wyważanie układu wirującego. Niewyważenie wirnika wentylatora powoduje zwiększenie jego hałasu, a przede wszystkim wybijanie łożysk, w których obraca się wał, albo łożysk silnika elektrycznego. Niewyważenie wirnika może również spowodować odkręcanie się śrub fundamentowych, a nawet ich zerwanie, co może być powodem poważnej awarii.

Montaż części mechanicznej wentylatora w kopalni jest przeprowadzony przez grupę montażową specjalistycznego Przedsiębiorstwa Energomontażowego Przemysłu Węglowego. Dokumentację potrzebną do montażu należy zamawiać w Zabrzańskiej Fabryce Maszyn Górniczych.

Wszystkie części wentylatora dostarczone do montażu powinny mieć na zewnętrznej powierzchni wypisany farbą numer rysunku, według którego dana część została wykonana. Na miejsce montażu należy dostarczyć elementy wentylatora, zgodnie z wykazem materiałowym danego wentylatora.

Poszczególne elementy wentylatora wykonane z blach muszą być zabezpieczone, zgodnie z warunkami technicznymi i wymaganiami dotyczącymi malowania poszczególnych elementów podanymi w dokumentacji technicznej wentylatora.

Przed przystąpieniem do montażu wentylatora należy sprawdzić czy poszczególne zespoły wentylatora nie uległy w czasie transportu trwałej deformacji. Szczególnie dotyczy to obudowy zespołu wirującego. Należy sprawdzić czy obudowa nie zmieniła kształ-

tu z cylindrycznego na owalny w płaszczyźnie obracającego się zespołu wirującego, odkształcenie obudowy zewnętrznej prowadzi do nierównomierności szczeliny nadłopatkowej wentylatora, do zaniku szczeliny włącznie. Należy sprawdzić wszystkie łopatki wirnikowe i kierownicze, obudowy łożysk i sprzęgieł.
Przed rozpoczęciem montażu sprawdzić fundament pod względem jakościowym i wymiarowym oraz usunąć pozostałości z fundamentu po pracach budowlanych. Następnie ustawić konstrukcję konieczną do transportu i montażu poszczególnych zespołów wentylatora.

10.1. Warunki technicznego odbioru montażu

Po zakończeniu montażu należy skontrolować:

1) arkusze pomiarowe luzów łożyskowych i centrowania osi wałów i sprzęgieł,
2) stwierdzić czy przy ręcznym uruchomieniu zespołu wirującego nie ma za dużych oporów mechanicznych,
3) luz promieniowy nadłopatkowy wentylatora musi być zgodny z wartością podaną w dokumentacji technicznej,
4) protokół z wycechowania czujników kontroli temperatury łożysk,
5) podłączenie wentylatora do kanału betonowego; powierzchnie styku wentylatora z betonem nie powinny mieć szpar i uskoków,
6) protokół z wyważania dynamicznego zespołu wirującego,
7) odpowiednie nasmarowanie wszystkich łożysk wentylatora i silnika napędzającego wentylator,
8) ustawienie wszystkich łopatek wirnikowych /muszą być ustawione pod jednakowym kątem/,
9) nakrętki i podkładki łopatek wirnikowych oraz tarcz wirnikowych /nakrętki muszą być dokręcone, a podkładki odgięte i zabezpieczone wkrętem/,
10) działanie klap zasuw wind ręcznych i mechanicznych,
11) próbną ciągłą pracę wentylatora przez 250 godzin /wentylator nie podłączony do sieci kopalnianej/.

11. Pierwszy rozruch wentylatora

Po zakończeniu montażu wyposażenia elektrycznego i części mechanicznej wentylatora, należy próbnie uruchomić sam napęd elektryczny /sprzęgło łączące silnik napędowy z wentylatorem rozłączone/. Pierwsze uruchomienie synchronicznego silnika napędowe-

go wentylatora należy przeprowadzić przy udziale przedstawiciela Zakładów Wytwórczych Maszyn Elektrycznych M-5 we Wrocławiu /dostawca silnika napędowego do wentylatora/. Udział przedstawiciela Zakładu M-5 jest konieczny i uwarunkowany tym, że w przypadku uszkodzenia lub trudności włączenia silnika, wymiana bądź przegląd techniczny jest ułatwiony. Zakład M-5 zastrzega sobie udział przy pierwszym uruchomieniu silnika synchronicznego.

Po otrzymaniu pozytywnych wyników z współdziałania wyposażenia elektrycznego z silnikiem synchronicznym i ustaleniu właściwego kierunku obrotów, można przystąpić do próbnego uruchomienia wentylatora. Pierwszy rozruch wentylatora zaleca się przeprowadzić tylko do obrotów n = 30 ÷ 50 1/min, po czym silnik należy wyłączyć. Po stwierdzeniu, że wentylator pracował bez zgrzytów, stuków i wyczuwalnych drgań, należy silnik napędowy powtórnie włączyć i uzyskać nominalne obroty wentylatora. Po zatrzymaniu wentylatora należy otworzyć właz w obudowie i przejrzeć czoła łopatek. Łopatkę, która zaczepia o obudowę, odpowiednio dopasować.

Zgodnie z wytycznymi Zakładu M-5 silnik synchroniczny może być włączony do sieci w czasie 1 do 3 minut dwa razy, trzecie włączenie silnika elektrycznego może nastąpić dopiero po upływie 20 minut.

Przy pierwszym uruchomieniu wentylatora powinni być obecni:

- Konstruktor prowadzący z Zakładów Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego,
- Przedstawiciel Zabrzańskiej Fabryki Maszyn Górniczych,
- Przedstawiciele przedsiębiorstwa montażowego części mechanicznej i wyposażenia elektrycznego wentylatora,
- Przedstawiciel przedsiębiorstwa budowlanego zajmującego się częścią budowlaną wentylatora.

Po pięciogodzinnej nieprzerwanej pracy wentylatora, należy zatrzymać silnik napędowy i natychmiast skontrolować łożyska. W razie stwierdzenia, że temperatura łożyska jest za wysoka, należy odkręcić pokrywy łożysk i stwierdzić co jest przyczyną nadmiernego wzrostu temperatury. Powtórne włączenie wentylatora może nastąpić po wyjaśnieniu nadmiernego wzrostu temperatury łożysk. Po stwierdzeniu, że wentylator w czasie pięciogodzinnej pracy pracował prawidłowo, należy przystąpić do uruchomienia wentylatora na okres próbny 250 godzin, wg Zarządzenia Nr 136 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 5.VII.1958 r.

Po zakończeniu ruchu próbnego i uzyskaniu pozytywnych wyników, kopalnia, zgodnie z Zarządzeniem Nr 291 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 21.2.56 r., zgłasza gotowość do eksploatacji urządzenia wentylacyjnego naczelnemu dyrektorowi właściwego zjednoczenia PW, który na podstawie tego Zarządzenia powołuje komisję do odbioru i przekazania wentylatora do eksploatacji.

Po zakończeniu ruchu próbnego, kopalnia jest zobowiązana zarządzeniem Nr 57 Ministra Górnictwa i Energetyki z 11.4.1960 roku zlecić przeprowadzenie pomiarów i wykreślne przedstawienie zależności wydajności od:

- wielkości depresji lub naporu statycznego,
- zużywanej mocy przez zespół: wentylator-silnik napędowy,
- wielkości współczynnika sprawności zespołu: wentylator-silnik napędowy, przy różnych kątach ustawienia łopatek kierowniczych i wirnikowych.

Charakterystyki powyżej podane należy wykonać każdorazowo:

- przed oddaniem do ruchu nowo zmontowanego wentylatora,
- po przeprowadzonej naprawie głównej wentylatora,
- po zmianie parametrów pracy wentylatora /zmiana obrotów, zmiana mocy silnika napędowego itp/.

Niezależnie od tego, charakterystyka wentylatora powinna być aktualizowana co 5 lat.

Jeśli wentylator jest przystosowany do zmiany kierunku przepływu powietrza przez kanały obiegowe, należy sporządzić, oprócz charakterystyki dla normalnych warunków pracy, również charakterystyki dla odwróconego kierunku przepływu powietrza. Charakterystyki wentylatorów należy przechowywać u inżyniera wentylacji i głównego mechanika kopalni oraz w dziale maszynowym właściwego zjednoczenia przemysłu węglowego.

12. Obsługa wentylatora

W celu zapewnienia prawidłowej pracy wentylatorów należy przestrzegać instrukcji smarowania, obsługi, przeglądów i konserwacji oraz warunków bezpiecznej pracy wentylatorów podanych w niniejszym poradniku.

Przy rozruchu wentylatora powinno być trzech ludzi. Dwóch jest potrzebnych do otwarcia zasuwy na wlocie /w przypadku ręcznego

podnoszenia i opuszczania zasuwy na ssaniu/, a jeden powinien być obecny w pomieszczeniu obsługi, w celu obserwacji przyrządów kontrolno-pomiarowych wentylatora i wyposażenia elektrycznego.

Po przeglądzie okresowym, głównym lub po dłuższym postoju, należy wykonać następujące czynności:

1. Odczytać uwagi poprzedniego maszynisty zapisane w dzienniku służbowym wentylatora oraz sprawdzić czy zostały wykonane wszystkie zalecenia dotyczące usunięcia uszkodzeń, niedokładności czy braków.
2. Stosowane do łożysk tocznych środki smarujące, nawet najlepszych gatunków, tracą z czasem swoje własności smarne, niezależnie od czasu pracy łożysk. W związku z tym po dłuższym postoju należy wymienić częściowo lub całkowicie smar we wszystkich łożyskach.
3. Wycechować czujniki kontroli temperatur łożysk.
4. Oczyścić wnętrze kanału dolotowego oraz wnętrze wentylatora, sprawdzając równocześnie czy w wentylatorze nie znajdują się obce przedmioty, które po uruchomieniu wentylatora mogą spowodować awarię maszyny.
5. Szczególną uwagę należy zwrócić w okresie silnych mrozów na wnętrze wentylatora oraz na wnętrze kanału dolotowego i wylotowego. Zachodzi bowiem obawa, że kawałki lodu mogą dostać się do zespołu wirującego lub zespół wirujący może być oblodzony, a nawet przymarznięty do obudowy. W takim przypadku, po uruchomieniu wentylatora, zespół wirujący może zostać poważnie uszkodzony.
6. Skontrolować czy w wentylatorze wszystkie łopatki pierwszego i drugiego stopnia są ustawione pod jednakowym kątem. Kąt ustawienia łopatek jest uzależniony od parametrów żądanych przez kopalnię. Parametry można określić na podstawie charakterystyki wentylatora, którą każda kopalnia powinna posiadać.
7. Sprawdzić czy łopatki wirników nie ocierają się o obudowę wentylatora, a tarcze wirnikowe o płaszczyznę poziomą oraz czy wszystkie włazy do wentylatora /w obudowie wewnętrznej i zewnętrznej/ są zamknięte.
8. Sprawdzić zamocowanie wszystkich łopatek wirnikowych, jak również zabezpieczenie tarcz wirnikowych na wale głównym i wszystkie połączenia śrubowe wentylatora.

9 Należy sprawdzić czy śruby fundamentowe mocujące wentylator do fundamentu oraz inne śruby i nakrętki w wentylatorze są należycie dokręcone.

10 Sprawdzić działanie klap, zasuw, wind oraz skontrolować czystość i szczelność przewodów łączących wnętrze kanału wentylatora z przyrządami wskazującymi parametry wentylatora.

11 Sprawdzić czy można wirnik wentylatora ręcznie obrócić. Zespół wirujący powinien się obracać bez większych oporów i zacięć.

12 Sprawdzić jakość osadzenia i jakość sworzni wszystkich sprzęgieł jak również ich dokręcenie.

13 Należy uruchomić sam silnik napędowy /sprzęgło łączące wał napędowy z silnikiem rozłączone/ stwierdzając współdziałanie wyposażenia elektrycznego z silnikiem napędowym.

14 Gotowość do ruchu po przeglądzie musi być potwierdzona przez głównego mechanika kopalni w książce ruchu wentylatora.

Każdorazowe uruchomienie wentylatora i włączenie go do sieci kopalnianej powinno nastąpić po wyrażeniu zgody kierownika robót górniczych działającego w porozumieniu z kierownikiem wentylacji kopalni. Po stwierdzeniu /w książce ruchu wentylatora/gotowości wentylatora do ruchu, maszynista przystępuje do uruchomienia silnika napędowego. Uruchomienie wentylatora należy przeprowadzać przy zamkniętej zasuwie w kanale ssącym.

Pierwszy rozruch wentylatora zaleca się przeprowadzić tylko do obrotów n = 30 ÷ 50 1/min, po czym silnik napędowy należy natychmiast wyłączyć. Dopiero po stwierdzeniu, że wentylator pracuje prawidłowo bez stuków, zgrzytów, wyczuwalnych drgań itp.,należy silnik powtórnie włączyć i doprowadzić wentylator do obrotów nominalnych.

W czasie rozruchu wentylatora trzeba obserwować wskazania amperomierza. W razie stwierdzenia nadmiernego poboru prądu,należy natychmiast wyłączyć silnik napędowy; świadczy to bowiem o niedopuszczalnych oporach w części mechanicznej wentylatora lub o uszkodzeniu silnika napędowego. Powtórne włączenie wentylatora może nastąpić po wyjaśnieniu i usunięciu przyczyny powodującej zwiększony pobór prądu przez silnik napędowy.

Osiągnięcie obrotów nominalnych wentylatora, przy zamkniętej zasuwie w kanale ssącym, uzyskuje się po 18 ÷ 24 sekundach.Uruchomienie silnika napędowego należy przeprowadzać zgodnie z in-

strukcją rozruchową dostarczoną przez przedsiębiorstwa montażu urządzeń elektrycznych. Po stwierdzeniu przez dozór techniczny, że wentylator pracuje poprawnie, można podnieść zasuwę, pierwotnie zamkniętą w kanale ssącym. W czasie pracy wentylatora przy zamkniętej zasuwie, należy pilnie obserwować wskazania przyrządów pomiarowych wyposażenia elektrycznego i kontrolować co pewien czas wskazania czujników kontroli temperatury łożysk, w celu stwierdzenia czy temperatury ustaliła się w dopuszczalnych granicach w zależności od pory roku. Po włączeniu wentylatora do sieci kopalnianej należy zwracać baczną uwagę na wskazania przyrządów pomiarowo - kontrolnych, aż do chwili ustalenia się wskazań nominalnych.

Po ustaleniu się wskazań amperomierza, temperatury wszystkich łożysk oraz parametrów wentylatora i stwierdzeniu prawidłowej pracy wentylatora oraz wyposażenia elektrycznego, należy wpisać do dziennika ruchu głównego wentylatora kopalnianego godzinę włączenia wentylatora i osiągnięte parametry pracy.

13. Zakres obowiązków maszynisty

Do zakresu pracy maszynisty i jego obowiązków należy:

a/ utrzymanie porządku w pomieszczeniu, obsługa i kontrola pracy wentylatora;

b/ Maszynista obsługujący wentylator powinien co dzień kontrolować temperaturę wszystkich łożysk wentylatora, parametry pracy, tj. wydajność i depresję, pobór prądu przez silnik napędowy, napięcie sieci zasilającej i wpisywać odczytane wartości do dziennika ruchu głównego wentylatora kopalnianego;

c/ Dbać o sprawne działanie i należyty stan wentylatora i wyposażenia elektrycznego, wind, klap i urządzeń kontrolno-rejestrujących. Usuwać we własnym zakresie drobne niedomagania i uszkodzenia. Większe uszkodzenia, których maszynista nie może usunąć należy zapisać do książki napraw wentylatora i zgłaszać dozorowi;

d/ Maszynista, nawet w razie największego niebezpieczeństwa, powinien spełniać swoje obowiązki przytomnie i w sposób stanowczy. Maszyniście nie wolno opuścić miejsca pracy, dopóki nie wyczerpie wszelkich możliwych środków mogących zapobiec niebezpieczeństwu uszkodzenia wentylatora lub nie zmniejszy skutków uszkodzenia.

e/ Przy wykonywaniu swych czynności maszynista musi przestrzegać niniejszej instrukcji i przepisów zawartych w "Zbiorze Górniczych Przepisów Bezpieczeństwa i Higieny Pracy" Ministerstwa Górnictwa i Energetyki, Dział V - Zwalczanie Zagrożenia Gazowego pamiętając, że nawet nieznaczne odchylenie od przepisów może zagrażać bezpieczeństwu załogi pracującej na dole i obsłudze wentylatora.

f/ Maszynista powinien znać i stosować się do postanowień niniejszej instrukcji i zarządzeń Okręgowego Urzędu Górniczego, któremu podlega kopalnia.

g/ Maszynista powinien prowadzić karty smarowania łożysk, wg wzoru podanego w Monitorze Polskim Nr A-11 poz. 108 z dnia 18.1. 1952 r.

h/ Maszynista powinien również znać i stosować się do postanowień innych instrukcji, przepisów, regulaminów, okólników, jak również zarządzeń i obwieszczeń związanych z jego służbą.

13.1. Obowiązki maszynisty podczas ruchu wentylatora

1. Maszynista powinien stawić się na służbę przynajmniej 30 minut przed czasem wyznaczonym do objęcia służby, jeżeli w pewnych przypadkach kierownik ruchu maszynowego nie zarządzi inaczej.
2. Po przyjściu na służbę maszynista powinien zapoznać się z wydanymi ostatnio zarządzeniami i ostrzeżeniami, zanotować w książce wentylatora czas objęcia służby oraz zapoznać się z uwagami dotyczącymi pracy wentylatora.
3. Kontrolować wskazanie depresjomierzy, przepływomierza oraz termometrów wskazujących temperaturę łożysk. Temperatura każdego łożyska nie może przekraczać $60^{o}C$. O przekroczeniu krytycznej temperatury łożysk należy powiadomić dozór techniczny kopalni.
4. Przestrzegać terminów smarowania łożysk wentylatora.
5. Obserwacja wskazań przyrządów pomiarowo-kontrolnych, wyposażenia elektrycznego.
6. Smarowanie łożysk silnika napędowego wentylatora oraz łożysk wolno stojącego zespołu wzbudzającego, należy przeprowadzać zgodnie z obowiązującymi przepisami i instrukcją dostawców wyposażenia elektrycznego.

7. Zapisywanie co pewien czas do dziennika ruchu wentylatora wskazań aparatury kontrolno-pomiarowej obrazującej pracę wentylatora i wyposażenia elektrycznego.
Do dziennika ruchu należy wpisać czas objęcia i zakończenia służby.

8. Natychmiastowe /ewentualnie telefoniczne/ informowanie dozoru technicznego o odchyleniach od nominalnych wskazań przyrządów kontrolno - pomiarowych oraz o zauważonych usterkach. Wszystkie usterki należy wpisać do dziennika napraw wentylatora.

9. Kontrola połączeń śrubowych, zwłaszcza obudowy zewnętrznej wentylatora i nakrętek śrub mocujących wentylator do fundamentu.

10. Ciągła kontrola czy wentylator pracuje bez wyczuwalnych drgań, stuków, zgrzytów i wibracji. Szum wentylatora powinien być jednostajny o jednakowym natężeniu.

11. Każdy maszynista obejmujący swoją zmianę jest zobowiązany do skontrolowania książki ruchu wentylatora, a maszynista przekazujący obsługę wentylatora - do przekazania swojemu następcy wszystkich zauważonych w czasie pracy usterek i niedomagań.

12. Notowanie w książce ruchu daty przeglądów wentylatora, wyposażenia elektrycznego oraz dat inspekcji Okręgowego Urzędu Górniczego. Należy również notować daty uzupełnienia i wymiany środków smarnych w łożyskach wentylatora i silniku napędowym oraz w zespole wzbudzającym.

13.2. Zatrzymanie wentylatora

Wyłączenie wentylatora z ruchu może nastąpić na zarządzenie kierownika robót górniczych działającego w porozumieniu z kierownikiem wentylacji, w sposób zgodny z § 34 Dz.V.Cz. I GPBPK. Wyłączenie silnika elektrycznego napędzającego wentylator należy przeprowadzić zgodnie z instrukcją obsługi wyposażenia elektrycznego i BHP.

Czas zatrzymania wentylatora po wyłączeniu silnika może być skrócony przez zastosowanie odpowiedniego hamulca. Należy obserwować czas zahamowania wentylatora - musi trwać co najmniej 3 minuty, krótszy czas świadczy o istniejących dużych oporach w części mechanicznej wentylatora.

Po zatrzymaniu wentylatora należy zamknąć zasuwę w kanale ssącym i zabezpieczyć wentylator przed samoczynnym uruchomieniem /przepływ powietrza powoduje uruchomienie zespołu wirującego/. Czas i powód zatrzymania wentylatora należy wpisać w książce ruchu wentylatora i zgłosić stacji ratownictwa górniczego kopalni. Po zatrzymaniu wentylatora należy usunąć nadmierne opory mechaniczne lub wpisać usterkę do książki ruchu.

14. Smarowanie łożysk

14.1. Uwagi ogólne

W czasie pracy łożysk wywiązuje się ciepło tarcia, od którego łożysko się ogrzewa. W normalnych warunkach pracy następuje równowaga ciepła wywiązującego się i odprowadzanego. Łożysko osiąga w takich przypadkach temperaturę utrzymującą się w granicach od 35°C do 50°C /to jest do 20°C powyżej temperatury otoczenia/. Temperatura przekraczająca 70°C jest uważana za niebezpieczną. Nagrzewanie się łożyska do temperatury powyżej normalnej może doprowadzić do uszkodzenia łożyska, gdyż maleją własności smarne smaru. Sposób postępowania jest uzależniony zwykle od konstrukcyjnego rozwiązania i zaprojektowanego sposobu smarowania. Łożyska toczne są smarowane smarem stałym, ślizgowe zaś olejem.

Podczas wykonywania wszystkich czynności smarowniczych trzeba zachować jak największą czystość.

14.2. Postępowanie przy smarowaniu łożysk

Okresowe uzupełnienie smaru w łożyskach tocznych odbywa się za pomocą smarownic kapturowych. Przez kilkakrotne pokręcenie nakrętką wciska się pewną ilość smaru do łożysk. Po uzupełnieniu smaru w łożyskach daje się zauważyć wzrost temperatury, który jednak po krótkim czasie obniża się i nie powinien przekraczać 60°C. Przy całkowitej wymianie smaru w łożyskach, należy zdjąć pokrywy lub górną część oprawy, po uprzednim ich oczyszczeniu. Smar zużyty usuwa się z oprawy i pokryw, łożysko zaś przemywa kilkakrotnie naftą "Antykor" przy użyciu ręcznej pompki /tzw. szprycy/. Umyte części należy osuszyć obrębioną ścierką, nie wolno używać do tego celu nici. Konieczne jest przy tym sprawdzenie uszczelnienia i wymiany zużytych części.

Bezpośrednio po nasmarowaniu należy łożysko zakryć pokrywą, aby uchronić go przed zakurzeniem. Smar należy nakładać przy użyciu łopatki; można też posługiwać się czystymi rękami.

14.3. Określenie ilości smaru

Ilość smaru potrzebna do pracy łożyska określa się zwykle w sposób praktyczny. Wypełnia się całkowicie przestrzeń wolną między wałeczkami łożyska oraz 1/2 do 2/3 wolnej przestrzeni w oprawie i pokrywie. Labirynty wypełnia się smarem całkowicie. Wynika z tego, że ilość smaru zależy od rodzaju i wielkości łożyska oraz od konstrukcji oprawy i uszczelnień.

Ilość smaru przy okresowym uzupełnianiu należy określić praktycznie, tak aby wyrzutnik wraz ze smarem starym usuwał pewną niewielką ilość smaru świeżego. Po każdorazowym okresowym smarowaniu należy sprawdzić temperaturę opraw łożysk. Po 5-godzinnej nieprzerwanej pracy temperatura nie powinna przekroczyć 60°. Jeśli temperatura łożysk przekracza 60°C, należy odsunąć wyrzutniki, wypełnić ponownie oprawy łożysk smarem i po 5-godzinnej nieprzerwanej pracy ponownie sprawdzić temperaturę łożysk.

14.4. Uzupełnianie i wymiana smaru

Stosowane do łożysk tocznych środki smarujące, nawet najlepszych gatunków, tracą z czasem swoje własności smarne, niezależnie od pracy łożysk, w związku z tym należy je co jakiś czas wymieniać, częściowo lub całkowicie.

Czas, po którym smar należy wymienić całkowicie lub częściowo, nazywa się o k r e s e m s m a r o w a n i a.
Łożyska toczne dla normalnej pracy potrzebują stosunkowo małej ilości smaru. Nadmiar smaru powoduje podwyższenie temperatury łożysk, w następstwie czego może nastąpić rozkład smaru i stopniowy zanik jego własności smarnych. Nie należy zatem dla obniżenia temperatury dodawać smaru jak to niejednokrotnie czynią pracownicy mający dozór nad pracą wentylatora.
Okresy smarowania oraz ilość środka smarującego ustalone zostały doświadczalnie, w niektórych jednak przypadkach konieczne jest poczynienie bezpośrednich prób i odstąpienie od zwykłych zasad postępowania.

Okres smarowania w zasadzie nie może przekraczać 1 roku, ze względu na starzenie się smaru i częściową utratę własności smarnych. Łożyska wentylatora pracują w otoczeniu wilgotnym i zaku-

rzonym, więc jeśli uszczelnienia nie są dostatecznie skuteczne, łożyska muszą być smarowane częściej.

14.5. Jakość i przechowywanie smarów stałych

Do łożysk tocznych stosuje się smar ŁT-2.

1. Smar do łożysk tocznych nie może mieć żadnych zanieczyszczeń mechanicznych jak: pył, piasek, woda i inne niepożądane dodatki.
2. Smar powinien być trwały i jak najdłużej zachowywać swe własności pierwotne, mimo długotrwałej pracy w łożysku.
3. Naczynia przeznaczone do odbioru i przechowania smarów muszą być czyste i używane zawsze do tych samych produktów.
4. Smary stałe do łożysk powinny być w miarę możliwości przechowywane w jednym magazynie przeznaczonym wyłącznie dla produktów naftowych.
5. Smary stałe do łożysk tocznych powinny być starannie chronione przed zanieczyszczeniem.
6. Smarów niewiadomego pochodzenia i gatunku nie wolno stosować do łożysk tocznych.
7. Do nakładania każdego gatunku smaru musi być oddzielna drewniana łopatka.

Te same zalecenia obowiązują dla olejów stosowanych w łożyskach ślizgowych.

15. Dozór łożysk

Dozór pracy łożyska ogranicza się zwykle do obserwowania temperatury łożyska oraz do sprawdzania prawidłowości ruchu przez nasłuchiwanie. Nawet drobne uszkodzenia łożyska, trudne do zauważenia gołym okiem, wywołują charakterystyczny dźwięk, na który z łatwością powinien zwrócić uwagę nawet niedoświadczony pracownik. Niektóre nieprawidłowości biegu wywołują gwałtowny wzrost temperatury lub jej nieregularne wahania. Kontrolę temperatury przeprowadza się za pomocą zabudowanych w łożyskach czujników kontroli temperatury łożysk. Zaleca się szczególnie staranne sprawdzanie temperatury łożysk w ciągu pierwszych paru godzin pracy po uzupełnieniu smaru, w celu stwierdzenia, czy nie dodano go zbyt wiele. Stan i wygląd zużytego smaru, usuniętego z osłony przy jego wymianie, pozwala sądzić o ewentualnych uszkodze-

niach łożyska i stanie uszczelnienia. Stosunkowo łatwo zauważyć można w smarze drobne cząsteczki stali starte w czasie pracy, również barwa zużytego smaru mówi wiele o zużyciu lub o jego uszkodzeniu.

W związku z powyższym zaleca się, aby w czasie przerw w pracy i przy wymianie smaru w łożyskach wentylatora dokonywać starannych oględzin wszystkich łożysk.

Jeżeli podczas pracy lub w czasie przerwy stwierdzi się istnienie jakiejś nieprawidłowości, łożysko należy rozebrać i dokładnie obejrzeć wszystkie jego części; w przypadku uszkodzenia należy bezwzględnie starać się znaleźć tego przyczynę. Pracownik dokonujący takich oględzin musi posiadać duże doświadczenie w rozróżnieniu charakterystycznych rodzajów uszkodzeń występujących w łożyskach tocznych.

15.1. Rodzaje uszkodzeń łożysk tocznych

Główną przyczyną awarii wentylatora są różnego rodzaju uszkodzenia łożysk. Główną przyczyną jest zmęczenie materiału, które zresztą traktować należy jako normalny i nieunikniony wynik pracy łożyska. Innych uszkodzeń powodujących zniszczenie łożyska można uniknąć, stosując odpowiednie środki ostrożności.

W praktyce spotyka się następujące rodzaje uszkodzeń łożysk tocznych:

1. Łuszczenie
2. Pęknięcie i wykruszenia
3. Wgniecenia i ślady
4. Zatarcia
5. Ścieranie i uszkodzenie wskutek toczenia się pierścienia po podłożu
6. Tworzenie się kraterów i prążków
7. Korozja
8. Uszkodzenie koszyczka

Umiejętność rozróżnienia tych uszkodzeń łożysk ma w praktyce duże znaczenie. W wielu przypadkach przyczynę złej pracy i związanych z tym uszkodzeń łożysk odnaleźć można jedynie przez rozpoznanie rodzaju uszkodzenia.

15.1.1. Łuszczenie

Zjawisko jest wywołane powstawaniem drobnych pęknięć spowodowanych zmęczeniem materiału na powierzchni bieżni i części tocznych, Wskutek tego odpryskują drobne cząstki materiału, powodując tzw. łuszczenie. Z czasem miejsca złuszczone stają się coraz liczniejsze rozciągając się wreszcie wzdłuż całego obwodu bieżni. W stadium początkowym łuszczenie wygląda jak małe wgniecenia. Jeżeli liczba ich jest duża i zostaną rozwalcowane przez części toczne łożyska, cała powierzchnia bieżni przyjmuje wygląd pomarszczonej. Często nie można określić na podstawie wyglądu powierzchni, czy łuszczenie powstało wskutek długiej pracy pod normalnym obciążeniem, czy też przyczyną jego było krótkotrwałe, wyjątkowo duże obciążenie. Wnioski co do wielkości obciążenia można wyciągnąć jedynie znając czas pracy łożyska. W niektórych przypadkach wygląd powierzchni złuszczonej daje pewne wskazówki co do przyczyny, która spowodowała powstanie tego uszkodzenia. Jeżeli na przykład w łożysku wałeczkowym łuszczenie występuje po jednej stronie bieżni, można przypuszczać, iż wskutek jakiejś przyczyny osie pierścieni łożyska nie są zgodne i tworzą pewien kąt. Przyczyna może polegać na niedokładnym wykonaniu czopu wału, gniazd osłony łożyska, wadliwym założeniu itp.Łuszczenie powstaje również jako skutek pracy łożyska, uszkodzonego poprzednio w inny sposób.

15.1.2.Pęknięcia i wykruszenia

Przyczyny pęknięć i wykruszeń bywają bardzo rozmaite. Uszkodzenia te mogą powstać, np. jako skutek obciążenia uderzeniowego lub też przy nadmiernym wciśnięciu wewnętrznego pierścienia łożyska na stożkowy czop wału. W wielu przypadkach przyczyną pęknięć są błędy wykonania współpracujących części łożyska. Charakterystyczne, obwodowo rozgałęziające się pęknięcia powstają w pierścieniu zewnętrznym podpartym w gnieździe osłony tylko na krawędzi. Przyczyną pęknięć promieniowych na czole pierścienia łożyska jest zwykle tarcie pierścienia o jakąś część nieruchomą. Rysy te przebiegają zawsze prostopadle do kierunku tarcia. Pęknięcia spowodowane wadami materiału mają zwykle charakterystyczną postać, jednak dopiero dokładne badanie może określić rodzaj tej wady. Siatka delikatnych pęknięć na ograniczonym obszarze powstaje jako skutek miejscowego przegrzania spowodowanego wadliwym szlifowaniem. Częstokroć przyczyną pęknięć są błędy hartowania.

15.1.3. Wgniecenia i ślady

Przyczyną wgnieceń są obce części twarde, które przypadkowo dostały się pomiędzy części toczne i bieżnie łożyska. Ślady natomiast są odkształceniami, jakie powstają w miejscu zetknięcia bieżni i części tocznych łożyska wskutek chwilowego obciążenia uderzeniowego. Skutek podobny wywołują drgania lub wstrząsy, którym przez dłuższy czas jest poddane łożysko znajdujące się w spoczynku. Zjawisko to zachodzi nawet przy niewielkim obciążeniu łożyska i ma wyraźny charakter ścierania materiału. Zatarcie stanowi wstępną postać uszkodzenia spowodowanego ślizganiem się po sobie dwóch powierzchni. Zjawisko to może powstać na przykład pomiędzy bieżniami i częściami tocznymi, w przypadku gdy stwardniały i znajdujący się w nadmiarze smar opóźnia obrót części tocznych w nieobciążonym obszarze łożyska. W chwili gdy części toczne wychodzą z obszaru obciążonej strefy, ruch ich zostaje gwałtownie przyspieszony wskutek czego powstaje zatarcie bieżni. Na czołowych powierzchniach wałeczków oraz na powierzchniach bieżni pomocniczych powstają w przypadku niedostatecznego smarowania i dużych nacisków charakterystyczne zatarcia o kształcie cykloidalnym. Jeżeli łożysko obraca się z dużą prędkością przy niewielkim obciążeniu, na bieżniach mogą powstać zatarcia spiralne spowodowane ruchem wirowym kulek, wywołanym momentem giroskopowym.

15.1.4. Zatarcie łożysk

Zatarcia mogą łatwo powstać w łożyskach wałeczkowych, gdy pierścień swobodny jest wysuwany z wciskiem w stosunku do zespołu części tocznych lub gdy zachodzi tarcie wywołane ciężarem części maszynowych związanych z wsuwanym pierścieniem. Ślady zatarcia powstałe w tych warunkach stają się przyczyną późniejszego łuszczenia.

15.1.5. Ścieranie i uszkodzenia wskutek toczenia się pierścienia po podłożu

Normalna praca łożysk nie powoduje ścierania toczących się po sobie części, ten rodzaj zużycia jest spowodowany błędami wykonania bądź obsługi. Jeżeli uszczelnienie łożysk nie jest dostateczne, kurz wnika do wnętrza łożyska i wywołuje szybkie ścieranie współpracujących ze sobą części łożyska. Także zbyt mała ilość smaru przyśpiesza wycieranie łożysk.

Zjawisko toczenia się występuje np. między ruchomym wałem i zbyt luźnym pierścieniem wewnętrznym łożyska, wywołuje szybkie wycieranie się ich powierzchni nośnych. Podobne ślady uszkodzeń stwierdzić można na powierzchni wału oraz w gnieździe osłony łożyska.

15.1.6. Tworzenie się kraterów i prążków

Jeżeli przez łożysko przechodzi prąd elektryczny i spadek napięcia w łożysku wynosi więcej niż 0,5 V, między współpracującymi częściami powstaje iskrzenie przebijające dzielącą je warstewkę smaru. Iskrzenie to powoduje miejscowe odpuszczenie materiału i ponowne hartowanie wywołane szybkim chłodzeniem, Miejsca,w których powstało iskrzenie, mają wygląd drobnych kraterów lub po wytrawieniu - jasnych punktów o ciemnych brzegach. Gdy punkty te są dość liczne, na powierzchni tworzą się zwykle prążki. Prążki mogą również powstać bez iskrzenia, jeżeli obciążenie łożyska ma charakter drgań lub gdy jest ono zanieczyszczone pyłem ściernym.

15.1.7. Korozja

Tworzenie się rdzy w łożyskach jest najczęściej spowodowane przedostawaniem się do nich wilgoci. Nieodpowiedni smar może również spowodować rdzę lub inny rodzaj korozji.
Szczególną postacią rdzewienia jest erozja stykowa występująca w postaci czarnych i czerwonych plam na powierzchniach pierścieni łożyska stykających się z wałem i osłoną. Wskutek drobnych ślizgań zachodzących między powierzchniami zetknięcia, następuje ścieranie bardzo drobnych cząstek metalu, które natychmiast się utleniają.
Uginanie się wału lub osłony, wywołane silnym obciążeniem są często wystarczającą przyczyną powstawania erozji stykowej.

15.1.8. Uszkodzenie koszyka

W zwykłych warunkach pracy łożyska, koszyczki nie są zbytnio obciążone, są one natomiast zwykle wrażliwe na niedostateczne smarowanie, gdyż wówczas w miejscu zetknięcia koszyczka z częściami tocznymi i pierścieniami następuje wytarcie materiału, co w rezultacie może spowodować pęknięcie koszyczka i zakleszczenie łożyska. W razie takiego uszkodzenia łożyska, należy przede wszystkim sprawdzić warunki smarowania. Jedynie w wyjątkowych okoliczno-

ciach w koszyczkach powstają pęknięcia spowodowane zmęczeniem materiału.

15.2. Cechowanie czujników kontroli temperatury łożysk

Przed zabudowaniem czujników do kontroli temperatury w łożyskach i przy przeglądach należy przeprowadzić kontrolę wskazań czujników. Przed pierwszym cechowaniem czujników należy czujniki kolejno ponumerować, aby było wiadomo, który czujnik jest zabudowany w danym łożysku.

Do cechowania czujników należy przygotować dwa zbiorniki. Do jednego z nich nalać wody, do drugiego oleju. Następnie podgrzać naczynie z wodą do temp. 60°C i wstawić naczynie z olejem. Do naczynia z olejem należy zanurzyć wszystkie czujniki i ustawić kontrolny termometr rtęciowy. W czasie podgrzewania zbiornika należy mieszać olej, aby uniknąć miejscowych podgrzań, co mogłoby doprowadzić do niejednakowych wskazań czujników i termometru rtęciowego.

Kontrola polega na obserwacji wzrostu temperatury na termometrze rtęciowym oraz na wskaźnikach poszczególnych czujników. Dopuszczalna różnica temperatur między wskaźnikami poszczególnych czujników i termometru rtęciowego może wynosić + 3°C.
W razie zanotowania większych różnic wskazań czujników w stosunku do wskazań termometru rtęciowego, należy przeprowadzić korektę skali czujnika. W tym celu należy pomierzyć temperaturę na termometrze rtęciowym i zapisać w metryce czujnika, przy uwzględnieniu poszczególnych działek, aby było wiadomo, że działka na skali czujnika odpowiada faktycznie temperaturze pomierzonej termometrem rtęciowym.
Korektę taką należy przeprowadzić w zakresie temperatur od 40°C do 60°C. Po skończonym cechowaniu czujników trzeba sporządzić protokół, w którym należy zanotować temperaturę termometru rtęciowego oraz temperaturę poszczególnych czujników odczytaną na skali przy uwzględnieniu numeracji tych czujników. W przypadku przeprowadzenia korekty czujników należy sporządzić odpowiednie metryki i dołączyć do każdego czujnika, który poddano korekcie.
Odpisy protokołów z cechowania i z korekt powinny być przechowywane w dziale maszynowym, aż do następnego cechowania czujników.
Czujniki do kontroli temperatury łożysk w wentylatorach głównego przewietrzania dostarcza Przedsiębiorstwo Energomontażowego Przemysłu Węglowego w Chorzowie. Typy szaf kontroli temperatury łożysk dla wentylatorów produkowanych przez ZFMG pokazano w tablicy Nr 2

Tablica 2

Wykaz szaf kontroli temperatury łożysk wentylatorów kopalnianych

Lp.	Typ wentylatora	Typ szafy	Długość części czujnikowej R [mm]	Gwint termometru	Liczba termometrów	Uwagi
1.	WOK-4du-B	W2-4 x/ lub W1-4 xx/	160	R 3/4"	3	Produkuje Przedsiębiorstwo Energomontażowe Przemysłu Węglowego Chorzów
			250		1	
2.	WOK-7du	W2-6 lub W1-6	100	R 3/4"	6	
3.	WOK-8Pz	W2-5 lub W1-5	125	R 3/4"	5	
4.	WPR 180/1,8 WPR 200/1,8 WPR 220/1,8	W2-2 lub W1-2	125	R 3/4"	2	
5.	WOK-2jc	W2-6 lub W1-6	125	R 3/4"	6	

x/ W2 – dla zespołu dwóch wentylatorów
xx/ W1 – dla pojedynczego wentylatora

16. Wskazówki bezpieczeństwa pracy

1. Niedopuszczalna jest praca wentylatora przy niedokręconych łopatkach wirnika i tarciu krawędzi łopatek o obudowę.
2. Niedopuszczalne jest pozostawienie w kanałach wentylatora i w wentylatorze narzędzi, kawałków drewna i innych przedmiotów, które mogą być porwane przez prąd powietrza.
3. Niedopuszczalna jest obecność ludzi w kanale wentylatora między szybem i wentylatorem oraz w kolanie dyfuzora w czasie pracy wentylatora.
4. Niedopuszczalne jest uruchomienie wentylatora przy oblodzonym zespole wirującym.
5. Niedopuszczalny jest ruch wentylatora przy otwartym włazie w owiewce przedniej. W czasie pracy wentylatora wszystkie włazy muszą być zamknięte.
6. Niedozwolona jest praca wentylatora przy obniżonym dopuszczalnym spadku napięcia w sieci, zasilającej silnik napędowy wentylatora.
7. Niedozwolona jest praca wentylatora w przypadku przedostawania się do kanału wentylacyjnego nadmiernej ilości piasku powodującego zbyt szybkie zużycie zespołu wirującego.
8. Niedopuszczalna jest praca wentylatora przy przekroczeniu natężenia prądu powyżej wartości nominalnej dla silnika napędowego podanego w tabliczce znamionowej.
9. Niedopuszczalna jest praca wentylatora, gdy układ napędowy /wały z łożyskami i wirnik/ wykazują drgania, stuki itp.
10. Niedopuszczalna jest praca wentylatora, gdy temperatura silnika napędowego łaczyna wzrastać powyżej dopuszczalnej.
11. Niedopuszczalna jest praca przy nagłych wahaniach parametrów pracy.
12. Niedopuszczalna jest praca wentylatora przy nadmiernym luzie pasków klinowych przenoszących moc do napędu wzbudnic stosowanych w silnikach synchronicznych.
13. Niedozwolona jest praca wentylatora w przypadku wzrostu temperatury łożysk powyżej dopuszczalnej.
14. Niedozwolona jest praca wentylatora gdy wyposażenie elektryczne nie jest uziemione bądź gdy jeden z elementów wyposażenia znajduje się pod napięciem.

15. Niedozwolona jest praca wentylatora, gdy chociażby jeden z przyrządów pomiarowych zainstalowanych w pomieszczeniu wentylatora działa niewłaściwie.
16. Należy przestrzegać terminów przeglądów i konserwacji wentylatora oraz wyposażenia elektrycznego podanych w niniejszym poradniku.
17. Dostęp do wentylatora osobom nie należącym do obsługi jest dozwolony jedynie po uzyskaniu zezwolenia głównego mechanika.
18. W razie konieczności opuszczenia miejsca pracy podczas ruchu wentylatora, obsługujący powinien być zastąpiony przez osobę dającą rękojmię należytego wykonania zastępstwa.
19. W razie nieszczęśliwego wypadku należy natychmiast zastosować środki zmierzające do zmniejszenia skutków wypadku, udzielając pierwszej pomocy poszkodowanemu oraz powiadomić przełożonych.
20. Pomieszczenia wentylatora należy utrzymywać w czystości i porządku. Rozlane smary należy natychmiast usuwać.
21. Niedozwolone jest wykorzystanie pomieszczeń wentylatora jako składu materiałów bądź jako warsztatu. W szczególności niedozwolone jest przechowywanie w pomieszczeniach wentylatora materiałów łatwopalnych.
22. Szyby w oknach i klosze lamp powinny być utrzymane w należytej czystości.
23. Zapasowa lampa akumulatorowa lub karbidowa powinna znajdować się stale w gotowości do użytku.
24. Urządzenia przeciwpożarowe w pomieszczeniu wentylatora powinny być stale w stanie zdatnym do użytku. Obsługa wentylatora jest zobowiązana do zaznajomienia się ze sposobem użytkowania podręcznego sprzętu gaśniczego.
25. Pomieszczenie obsługi należy wyposażyć w gaśnice śniegowe, skrzynie z piaskiem i łopaty. Liczba wymienionego sprzętu oraz sposób rozmieszczenia reguluje odpowiednia instrukcja.
26. W pomieszczeniu wentylatora powinna być wywieszona instrukcja przeciwpożarowa.
27. W pomieszczeniu wentylatora musi być zainstalowany aparat telefoniczny oraz podręczna apteczka.

Niezależnie od powyżej wyszczególnionych zaleceń, obowiązują właściwe przepisy obsługi urządzeń elektrycznych oraz rozporządzenia ministrów: Pracy i Opieki Społecznej, Przemysłu Ciężkiego, Górnictwa i Energetyki oraz Zdrowia z dnia 13.04.1961 r. w sprawie bezpieczeństwa pracy.

17. Usterki w pracy wentylatora, przyczyny i sposób ich usuwania

Nieprawidłowość	Przyczyna	Sposób usunięcia
1	2	3
W czasie rozruchu wentylatora silnik pobiera nadmierny prąd, a depresja jest niższa od nominalnej.	Wentylator ssie powietrze z atmosfery i wydmuchuje powietrze do atmosfery, na skutek nieszczelnego zamknięcia klap wentylacyjnych i zasuw bądź wskutek nadmiernego spadku napięcia w sieci.	Powiadomić dozór techniczny.
Nagły wzrost poboru prądu, przeciążenie silnika.	Uszkodzenie łopatek wirnikowych, nadmierne tarcie w łożyskach, uszkodzenie kadłubów łożyskowych, spadek napięcia sieci kopalnianej.	Natychmiast wyłączyć wentylator, sprawdzić stan łożysk, łopatek i kadłubów łożyskowych. Zlecić naprawę uszkodzonych elementów wentylatora.
Tarcie łopatek o obudowę wentylatora.	Mały luz pomiędzy wierzchołkami łopatek a obudową wentylatora.	Odpowiednio ustawić i dopasować obudowę lub łopatki.
Duże wahania słupa cieczy na depresjomierzu. W wentylatorze dość silne dudnienia i drgania	Wentylator pracuje na niestabilnej części charakterystyki, tj. ze wzrostem wydajności wzrasta depresja.	Stosowany sposób na kopalniach dławienia zasuwą lub otwieranie klap bocznych jest niewłaściwy. Właściwym sposobem jest zastosowanie odpowiednich stabilizatorów, bądź zmiana kąta ustawienia łopatek wirnikowych.
Wentylator nie osiąga żądanych parametrów pracy.	a/ Niewłaściwe ustawienie łopatek wirnikowych.	a/ Ustawić łopatki pod jednakowym kątem.
	b/ Zbyt duży luz między wierzchołkami łopatek a obudową wentylatora.	b/ Spowodować zmniejszenie luzów.
	c/ Zasysanie powietrza z atmosfery.	c/ Uszczelnić otwory.
	d/ Błędne wskazania aparatury pomiarowej.	d/ Wycechować odpowiednio aparaturę pomiarową.
	e/ Niewłaściwy kierunek obrotów silnika napędowego.	e/ Przełożyć fazy.

1	2	3
	f/ Niewłaściwy dobór wentylatora do sieci kopalnianej	f/ Przeanalizować warunki wentylacji
Powolny wzrost temperatury łożyska i silne wyciekanie smaru przez pierścienie uszczelniające lub przez wyrzutniki smaru.	Łożysko przeładowane smarem	Źle funkcjonujące wyrzutniki smaru należy zmniejszyć luz między wyrzutnikami a obudową. W razie przekroczenia temperatury krytycznej powiadomić dozór techniczny i zatrzymać wentylator
Temperatura łożysk za wysoka powyżej 60°C a/ Łożyska toczne	a/ Brak smaru w łożyskach	a/ Uzupełnić smar w łożysku
	b/ Niewłaściwy gatunek smaru	b/ Wymienić smar
	c/ Niewspółosiowe ustawienie wałów wentylatorów	c/ Wycentrować wały
	d/ Łożyska nie mają wymaganych luzów	d/ Dopasować łożyska
	e/ Niewyważony zespół wirujący	e/ Wyważyć zespół wirujący
	f/ Nieodpowiednia wielkość luzu między bieżnią łożyskową a czopem wału	f/ Sprawdzić bieżnie łożyskową i czop wału
	g/ Wyrobienie się czopa lub bieżni łożyskowej na kształt wału	g/ Przytoczyć czop i założyć nowe łożyska
	h/ Wyboczenie się łożyska lub wygięcie wału.	h/ Wyprostować wał, zmienić łożyska
	i/ Pęknięcie koszyczka łożyska lub pierścienia	i/ Łożyska wymienić
	j/ Niewłaściwa wielkość luzów w łożyskowaniu	j/ Właściwie zmontować łożysko
	k/ Niewłaściwa obróbka czopów łożyskowych	k/ Przeszlifować czopy

1	2	3
	l/ Wadliwe funkcjonowanie smarownic kapturowych	l/ Przeczyścić przewody smarowe i smarownice.
	m/ Nadmiernie zużyty smar	m/ Przemyć łożyska i wymienić smar
	n/ Niewłaściwe wskazania czujników do kontroli temp.łożysk	n/ Wycechować czujniki
	o/ Niewyważony zespół wirujący	o/ Wyważyć zespół wirujący
b/ Łożyska ślizgowe	a/ Niewłaściwe wskazania czujników kontroli temperatury łożysk	a/ Wycachować czujniki
	b/ Niewspółosiowe ustawienie wałów wentylatora	b/ Wycentrować wały
	c/ Łożyska nie mają wymaganych luzów	c/ Dopasować łożyska
	d/ Niewyważony zespół wirujący	d/ Wyważyć zespół
	e/ Nie obraca się pierścień smarowy w łożysku	e/ Usunąć przyczynę zacięcia się pierścienia
	f/ Nieodpowiednia wielkość luzu między panewką a czopem wału	f/ Ponownie wylać stopem łożyskowym segmenty panewek
	g/ Owalizacja czopa lub panewki bieżni łożyskowej	g/ Przetoczyć czop i wylać panewki stopem łożyskowym
	h/ Wyboczenie się łożyska lub wygięcie wału	h/ Wyprostować wał, zmienić łożysko
	i/ Olej za gęsty lub zamarznięty. Za wysoki poziom oleju w łożyskach	i/ Wymienić olej bądź podgrzać. Zachować wymagany poziom oleju
	j/ Niewłaściwy gatunek oleju	j/ Wymienić olej
	k/ Niewłaściwa wielkość luzów w łożyskowaniu	k/ Właściwie zmontować łożyska
	l/ Niewłaściwa obróbka czopów łożyskowych	l/ Przeszlifować czopy
	m/ Zatkanie przewodów doprowadzających olej do łożysk	m/ Przemyć przewody smarowe

1	2	3
	n/ Pęknięcie przewodu doprowadzającego olej do łożysk	n/ Założyć nowe przewody smarowe
	o/ Brak lub niski poziom oleju	o/ Uzupełnić stan oleju w łożyskach
	p/ Zatarcie, popękanie, wykruszenie białego m talu, zbyt duże luzy	p/ Segmenty panewek wylać białym metalem i dopasować
	r/ Olej zanieczyszczony	r/ Spuścić olej, przepłukać komorę łożysk olejem wrzecionowym
	s/ Wentylator pracuje przy zamkniętej zasuwie na kanale dolotowym	s/ Otworzyć zasuwę
	t/ Zatarte segmenty lub uszkodzenie łożyska	t/ Segmenty dopasować lub wymienić części uszkodzone
	u/ Zluzowanie tarczy oporowej na wale głównym	u/ Tarczę odpowiednio dokręcić
	w/ Niewspółosiowość wału	w/ Wał wycentrować
	y/ Sprzęgła: niewspółosiowość, ewentualnie zmieniające się w ruchu wzajemne położenie sprzęgniętych wałów w stosunku do stanu pomiaru montażowego w spoczynku, - luźne osadzenie piasty na wale, - zakleszczenie się tarczy sprzęgła, uniemożliwiające jej swobodne osiowe przesunięcia,	y/ Usunąć przyczynę

1	2	3
	- zbyt mały luz osiowy między czopami wałów zmniejszający się do zera wskutek wydłużeń spowodowanych osiowym przesunięciem zespołu wirującego, - poluzowanie się sprzęgła na wale	
	z/ Źle dokręcone pokrywy łożysk.	z/ dokręcić pokrywy

Uwaga: Jeżeli przyczyna wzrostu temperatury łożyska nie jest natury mechanicznej, to grzanie się łożyska łatwo usunąć przez przemycie go i posmarowanie olejem o lepkości nieco większej /1,5 ÷ 2,5 ^{o}E/50^{o}C.

Grzanie łożyska w obiegowych systemach smarowania można usunąć przez zwiększenie dopływu oleju.

18. Przeglądy okresowe wentylatora

Ważnym czynnikiem dla uzyskania maksymalnej sprawności przewietrzania kopalń jest ciągłość pracy wentylatora, nie zakłócana przez awarie i uszkodzenia poszczególnych elementów lub elementów wentylatora. Tę ciągłość pracy można uzyskać tylko wtedy, kiedy stosuje się planowy i racjonalny system przeglądów miesięcznych i rocznych wentylatora.

18.1. Przegląd miesięczny

Przegląd miesięczny wentylatora polega na usunięciu wszystkich usterek zauważonych w czasie ruchu /wpisanych w dzienniku ruchu wentylatora/ oraz zauważonych w czasie przeglądu. Podczas przeglądu wentylatora nie wolno posługiwać się otwartym światłem.

Przed przystąpieniem do przeglądu należy zabezpieczyć zespół wirujący przed samoczynnym obrotem. Po czym należy:

1. Dokonać oględzin wnętrza kanału dolotowego i wentylatora, tarcz wirnikowych, wałów napędowych, obudowy łożysk, sprzęgieł, stojaków pod łożyska, łopatek wirnikowych i kierowniczych, przewodów łączących aparaturę pomiarową z wnętrzem wentylatora, przewodów doprowadzających olej do łożysk, instalacji czujników kontroli temperatury łożysk oraz obudowy wewnętrznej wentylatora. Wnętrze kanału i wentylatora należy oczyścić.

2. Obracając ręcznie zespół wirujący sprawdzić czy między wierzchołkami łopatek wirnika a obudową wentylatora jest jednakowy luz oraz czy nie zachodzi ocieranie łopatek o obudowę wentylatora.

3. Sprawdzić czy wszystkie łopatki wirnikowe są dostatecznie dokręcone nakrętką główną i są ustawione pod jednakowym kątem.

4. Skontrolować czy tarcze wirnikowe są właściwie dokręcone na wale głównym oraz czy nakrętki są dostatecznie zabezpieczone podkładkami przed odkręceniem.

5. Sprawdzić czy łopatki wirnikowe i tarcze wirnikowe nie są popękane. Sprawdzić również spawy wszystkich łopatek w członach kierowniczych wentylatora. Należy również sprawdzić wał główny, wały pośrednie, kadłuby łożysk, a szczególną uwagę zwrócić na jakość spawów wałów pośrednich.

6. Skontrolować czy łożyska oraz ich kadłuby są odpowiednio dokręcone.

7. W razie stwierdzenia uszkodzenia łopatki wirnika /np. pęknięcie lub wyłamanie/, należy łopatkę wymienić. Ciężar nowo zabudowa-

nej łopatki powinien być zbliżony do ciężaru łopatki uszkodzonej /z nakrętką i podkładką/. Dopuszczalna odchyłka ciężaru kompletu może się wahać w granicach ± 0,3 kG. Jeżeli tolerancja ta nie zostanie dotrzymana, zespół wirujący należy powtórnie wyważyć dynamicznie. Łopatki dostarcza Zabrzańska Fabryka Maszyn Górniczych i nie wolno dorabiać ich we własnym zakresie.

8. Sprawdzić szczelność i jakość przewodów doprowadzających smar stały bądź olej do łożysk.

9. Sprawdzić działania klap, zasuw oraz wind ręcznych lub mechanicznych.

10. W przypadku stwierdzenia nadmiernej temperatury łożysk, należy zdjąć górne pokrywy łożysk i stwierdzić co jest tego przyczyną. W razie stwierdzenia nadmiernego zużycia bądź zniszczenia elementu łożyskowego, należy go wymienić. Po wymianie łożyska obowiązuje próbna praca wentylatora, w celu skontrolowania pracy łożysk i ustalenia się temperatury w granicach dopuszczalnych.

11. Skontrolować osadzenie stojaków łożyskowych w wewnętrznej betonowej obudowie wentylatora oraz czy stojaki tuż nad betonem nie są skorodowane.

12. Skontrolować wzrokowo fundament, kanał doprowadzający i dyfuzor czy nie mają rys lub pęknięć.

13. Oczyścić i przedmuchać powietrzem sprężonym przewody służące do kontroli depresji i wydajności.

14. Sprawdzić jakość osadzenia i jakość sworzni wszystkich sprzęgieł, jak również ich wzajemne skręcenie.

15. Powierzchnie konstrukcji blaszanej, na których została zniszczona farba ochronna, należy pokryć farbą antykorozyjną.

16. Zaleca się wyważenie dynamiczne zespołu wirującego wentylatora w czasie przeglądu, jeżeli:

a/ przed remontem stwierdzono niedopuszczalne drgania łożysk i obudowy,

b/ w czasie remontu powstały w zespole wirującym zmiany materiału, które mogą wyraźnie wpłynąć na przesunięcie środka ciężkości zespołu wirującego /wymiana łopatek wirnikowych/.

c/ stwierdzono skrzywienie wału,

d/ przeprowadzono naprawę połączoną z demontażem zespołu wirującego lub szlifowaniem czopów.

W pozostałych przypadkach o potrzebie wyważania decyduje dozór techniczny kopalni oraz grupa montażowa dokonująca przeglądu lub remontu wentylatora.

17. Przedmuchać silnik elektryczny powietrzem sprężonym. Terminy przedmuchiwania są ustalone przez personel nadzorczy. Silniki otwarte są bowiem narażone na silne zakurzenie. Przy przedmuchiwaniu należy uważać, aby strumień powietrza był suchy i wolny od oleju, co można sprawdzić kierując strumień powietrza na szkło lub lśniącą blachę. Ciśnienie powietrza nie może przekraczać 3 atn.
18. Należy dokonać przeglądu wyposażenia elektrycznego.
19. Jeśli przegląd odbywa się w okresie poprzedzającym okres zimowy, należy skontrolować i wyczyścić przewody studzienki odprowadzające wodę z wnętrza wentylatora oraz z dyfuzora.
20. Należy zwracać specjalną uwagę przy przeglądach prowadzonych w okresie silnych mrozów, aby woda zbierająca się w dyfuzorze i we wnętrzu wentylatora była odprowadzana na zewnątrz. W przypadku niewłaściwego odprowadzenia wody z wnętrza wentylatora, po zatrzymaniu wentylatora woda zamarznie i mogą wystąpić poważne trudności w usunięciu lodu i powtórnym uruchomieniu wentylatora.

18.2. Przegląd roczny

Datę przeglądu rocznego należy uzgodnić z kierownikiem robót górniczych i kierownikiem wentylacji. Przegląd można przyśpieszyć w razie stwierdzenia, że praca wentylatora budzi zastrzeżenia, np. niedopuszczalne drgania zespołu wirującego, obudowy, nadmierne luzy w otworach sworzni, sprzęgieł, łożysk i innych elementów wentylatora lub wyposażenia elektrycznego oraz stwierdzenie znacznych oporów mechanicznych, pęknięcie łopatki wirnikowej, kierowniczej lub blach obudowy wewnętrznej i zewnętrznej, nagły wzrost temperatury łożysk itp.

Przegląd roczny powinien być przeprowadzany przez pracowników wyspecjalizowanego przedsiębiorstwa. Przed wyłączeniem wentylatora do przeglądu rocznego, dozór techniczny kopalni musi stwierdzić, że stan techniczny wentylatora rezerwowego jest zadowalający i może być włączony do sieci wentylacyjnej kopalni. Brak wentylatora rezerwowego nie upoważnia kopalni do zaniechania przeglądu rocznego, gdyż przegląd roczny musi być bezwzględnie przeprowadzony.

Przed przystąpieniem do przeglądu, należy przygotować komplet narzędzi do usuwania usterek i napraw urządzeń.

Po wyłączeniu wentylatora z ruchu i zabezpieczeniu zespołu wirującego przed samoczynnym obrotem, można przystąpić do przeglądu. Naprawy wykrytych usterek prowadzić równolegle z przeglądem. Przy przeglądzie należy uwzględnić wszystkie czynności wchodzące w zakres przeglądu miesięcznego oraz następujące dodatkowe czynności:

a/ oczyszczenie łopatek wirnikowych i kierowniczych,
b/ usunięcie śladów korozji i uzupełnienie powłok farbą ochronną,
c/ przemycie układu doprowadzającego olej do łożysk,
d/ przedmuchanie powietrzem sprężonym przewodów urządzeń pomiarowych,
e/ cechowanie czujników kontroli temperatury łożysk,
f/ oczyszczenie wału głównego, wałów pośrednich i sprzęgieł,
g/ oczyszczenie kanałów doprowadzających i odprowadzających powietrze,
h/ przegląd sprzęgieł. Rozmontować sprzęgła, sprawdzić elementy i nadmiernie zużyte wymienić. Po montażu należy sprawdzić wzajemne centrowanie i umocowanie połówek sprzęgieł,
i/ przegląd łożysk. Po rozmontowaniu opraw łożyskowych, sprawdzić tuleje wewnętrzne, pierścień wewnętrzny łożyska, powierzchnie panewek w łożyskach ślizgowych oraz czopów wału. Powierzchnie tych elementów nie powinny wykazywać rys ani zadziorów. W czasie przeglądu należy zwracać uwagę czy pierścień wewnętrzny łożyska, jak również tuleje, nie są stoczone bądź mają za duże luzy /wartości dopuszczalne podano w dokumentacji wentylatora/. W tym przypadku należy wymienić łożysko bądź element, który nie nadaje się do dalszej pracy. Należy sprawdzić skręcenie kadłubów łożysk oraz ich przymocowanie do stojaków i fundamentów.

18.3 Czynności końcowe

Po skończonym przeglądzie usunąć z wnętrza obudowy wszystkie przedmioty. Maszynista jest zobowiązany przed zamknięciem włazu sprawdzić osobiście czy nic nie pozostało wewnątrz i w kanale betonowym wentylatora. Należy pamiętać, że każdy z tych przedmiotów pozostawiony po stronie ssania może z chwilą uruchomienia wentylatora być porwany przez strumień powietrza powodując uszkodzenie łopatek wirnika.

Po zamknięciu włazów wpisuje się do książki gotowość wentylatora do uruchomienia.

Po wymianie panewek lub łożysk tocznych w łożyskach wentylatora obowiązuje przed włączeniem wentylatora do sieci kopalnianej jego próbna praca przez 5 godzin. Po stwierdzeniu prawidłowej pracy wentylatora i ustaleniu się dopuszczalnej temperatury w łożyskach /widoczne na wskaźnikach czujników kontroli temperatury łożysk/ można wentylator włączyć do sieci kopalnianej.

18.4. Przegląd wyposażenia elektrycznego wentylatora

Przegląd napędu i wyposażenia elektrycznego wentylatora oraz aparatury kontrolno-pomiarowej należy wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami PNE bądź instrukcjami obsługi wyposażenia elektrycznego.

19. Ruchowy sposób sporządzania charakterystyk wentylatorów kopalnianych

19.1. Wprowadzenie

Wentylatory zachowują podczas pracy stałe zależności między wytwarzaną depresją a ilością przepływającego powietrza, zwaną wydajnością wentylatora. Oznacza to, że dla określonej wydajności wentylatora zostaje wytworzona przez ten wentylator ściśle określona depresja. Podobnie ścisła zależność występuje między wydajnością wentylatora a poborem mocy i jego sprawnością. Powyżej wymienione zależności nazywają się charakterystyką wentylatora. Wyznaczanie charakterystyki wentylatora polega więc na pomiarach i obliczeniach parametrów jego pracy.
Znajomość charakterystyki jest konieczna dla uzyskania należytej wentylacji kopalni przy równoczesnym racjonalnym wykorzystaniu wentylatora. Dlatego też każdy musi być w posiadaniu aktualnych charakterystyk dla wentylatorów czynnych i rezerwowych.

19.2. Rozmieszczenie przyrządów pomiarowych

Rozmieszczenie przyrządów pomiarów w kanale wentylacyjnym powinno być przeprowadzone doświadczalnie przy pomiarze parametrów wentylatora. Chodzi bowiem o to, aby przyrząd pomiarowy był umieszczony w miejscu, gdzie szybkość przepływu powietrza jest największa - co można wyznaczyć doświadczalnie przy wykonywaniu pomiarów. Na rysunku Nr 1 pokazano zabudowanie przyrządów pomiarowych w wentylatorze promieniowym.

19.3. Pomiary parametrów pracy wentylatora

Podczas pracy wentylatora można ustalić pomiarem następujące zależności:

- wielkość depresji od wydajności,
- wielkość poboru mocy od wydajności,
- sprawność zespołu /wentylator - silnik/ od wydajności.

Wymienione zależności wyznacza się dla stałych obrotów wentylatora oraz dla stałego kąta ustawienia łopatek wirnika wentylatora.

Wykonanie charakterystyki wentylatora wymaga następujących pomiarów:

- ilości powietrza przepływającego przez wentylator - wydajność wentylatora,
- depresji statycznej wentylatora,
- poboru mocy przez silnik napędowy,
- temperatury powietrza,
- liczby obrotów wirnika wentylatora.

19.4. Pomiar wydajności wentylatora

Wydajność wentylatora czyli ilość powietrza płynącego przez wentylator można określić w kanale wentylatora lub u wylotu dyfuzora do atmosfery. Ilość tę określa się przez pomiar prędkości przepływu powietrza w przekroju poprzecznym kanału lub dyfuzora.

W praktyce stosuje się pomiar prędkości przepływu powietrza metodą:

- bezpośrednią, za pomocą anemometrów
- pośrednią przez pomiar depresji dynamicznej.

Pomiar prędkości w kanale należy wykonać w całej płaszczyźnie przekroju poprzecznego. W tym celu należy anemometr przesuwać wolno w płaszczyźnie poprzecznej kanału ruchem jednostajnym.

Czas trwania jednego pomiaru prędkości nie powinien być krótszy od 2 minut i należy go powtórzyć co najmniej trzy razy, przy czym do obliczeń należy przyjąć dwa najbardziej zbliżone wyniki. Średnią prędkość przepływu powietrza z odczytów na anemometrze należy wyliczyć ze wzoru:

$$V_o = \frac{\frac{V_1}{t_1} + \frac{V_2}{t_2}}{2} \qquad /1/$$

gdzie: V_1 i V_2 - odczyty z anemometru przy czasie trwania pomiaru t_1 i t_2

Uwzględniając charakterystykę anemometru, średnią prędkość V_o należy uzupełnić poprawką ΔV, w celu otrzymania prędkości rzeczywistej V, a więc

$$V = V_o + \Delta V$$

Drugi sposób pomiaru prędkości powietrza w kanale polega na podzieleniu przekroju poprzecznego kanału na kwadraty o boku około 0,25 m, za pomocą naciągniętych drutów i pomierzeniu w każdym kwadracie prędkości powietrza.

Prędkość przepływu powietrza w jednym oku siatki wynosi:

$$V_o = \frac{\text{odczyt}}{\text{czas}} \qquad /3/$$

po uwzględnieniu poprawki anemometru ΔV, prędkość rzeczywista wynosi:

$$V = V_o + \Delta V$$

Średnia prędkość powietrza w przekroju poprzecznym kanału wynosi:

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots V_n}{n} \qquad /4/$$

gdzie: V_1, V_2,...V_n - prędkość powietrza w poszczególnych kratkach.

n = liczba kratek.

Analogicznie przeprowadza się pomiary prędkości przepływu powietrza u wylotu dyfuzora.

Prędkość przepływu powietrza u wylotu dyfuzora do atmosfery można określić w sposób następujący:

a/ na dyfuzorze należy wykonać siatkę kwadratów w sposób podany powyżej, przy czym najkorzystniej jest podzielić płaszczyznę poprzeczną dyfuzora na 30, 60, 90 lub 120 kwadratów.

b/ w każdym kwadracie należy mierzyć prędkość przepływu powietrza, np. przez 10 sekund, przy czym pomiar ten powinny wykonywać co najmniej dwie osoby. Jedna mierzy prędkość anemometrem, a druga na stoperze obserwuje czas pomiaru anemometrem w poszczególnych kwadratach dając komendę przekładania anemometru do następnego oczka po upływie ustalonego czasu, np. 10 sek.

Średnia prędkość przepływu powietrza wynosi:

$$V = \frac{60 \quad O_d}{n \quad t} \qquad /5/$$

gdzie: O_d - odczyt z anemometru skorygowany poprawką,

t - czas pomiaru prędkości w jednym kwadracie /s/

n - liczba kwadratów w siatce.

Średni błąd z dwóch kolejnych prędkości przepływu powietrza należy obliczyć ze wzoru

$$V = \pm \frac{V_1 - V_2}{2} \qquad /6/$$

W celu pomierzenia prędkości przepływu powietrza u wylotu dyfuzora do atmosfery, należy zapewnić wygodne poruszanie się osobie wykonującej pomiary dookoła wylotu dyfuzora.
W tym celu należy na dyfuzorze wykonać odpowiednio wytrzymały pomost wiszący.

Pośredni pomiar prędkości przepływu powietrza polega na wyliczeniu prędkości z pomierzonej depresji dynamicznej,która jest równa energii kinetycznej ruchomego strumienia i wyraża się równaniem:

$$H_d = \frac{m \quad V^2}{2} \qquad /7/$$

lub:

$$H_d = \frac{V^2 \gamma}{2g} \qquad /8/$$

gdzie: V - prędkość strumienia powietrza w $[m/s]$

γ - ciężar właściwy powietrza w $[kG/m^3]$

g - przyspieszenie ziemskie w $[m/s^2]$

Rurka Pitota mierzy ciśnienie dynamiczne przez podłączenie jej do mikromanometru.
Prędkość powietrza w miejscu umieszczenia rurki Pitota na podstawie depresji dynamicznej oblicza się z równania:

$$V = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \; hd \; [m/s] \qquad /9/$$

Określenie średniej prędkości w mierzonym przekroju odbywa się przez pomiar depresji dynamicznej w poszczególnych punktach przekroju, a następnie obliczenie średniej prędkości z następującego równania:

$$V_{śr} = \frac{2g \; /H_{d1} + H_{d2} + \ldots . H_{dn}/}{\gamma_n} \; [m/s] \qquad /10/$$

gdzie: H_{d1}, H_{d2} ... H_{dn} - kolejne wyniki pomiarów depresji dynamicznej w poszczególnych punktach przekroju poprzecznego.

n - liczba punktów, w których mierzono depresję dynamiczną.

Depresję dynamiczną należy mierzyć w kanale przed wentylatorem. Kanał należy podzielić na kwadraty w sposób analogiczny jak to podano przy pomiarze prędkości anemometrem. Dla uzyskania poprawnego wyniku pomiaru depresji dynamicznej należy rurkę Pitota umieszczać z dala od wszelkich zaburzeń przepływu/kolan, zasuw itp./. Wymagane długości prostych odcinków kanału wynoszą:

a/ przed wentylatorem 2D
b/ przed zasuwą 2,5 D
c/ za wentylatorem 2,5 D
d/ za zasuwą 10 D
e/ za kolanem 5 ÷ 10 D

gdzie: D - średnica kanału

Depresję dynamiczną należy mierzyć co najmniej dwukrotnie, ażeby uzyskać kontrolę przy określeniu prędkości powietrza. Średni błąd pomiaru prędkości powietrza należy obliczyć z równania /6/. W miejscu pomiaru prędkości powietrza należy przekrój poprzeczny pomierzyć co najmniej dwukrotnie. Z uzyskanych wyników należy obliczyć średnią przekroju poprzecznego z równania:

$$S_{sr} = \pm \frac{S_1 - S_2}{2} \qquad /11/$$

gdzie: S_1 - wynik pierwszego pomiaru przekroju poprzecznego,
S_2 - wynik drugiego pomiaru przekroju poprzecznego.

Z uzyskanych wyników pomiaru średniej prędkości przepływu powietrza i przekroju poprzecznego S należy obliczyć wydajność wentylatora z równania:

$$Q = 60 \; S \; V \qquad [m^3/min] \qquad /12/$$

Średnią ilość powietrza można wyznaczyć z równania:

$$Q = \pm \; V^2 \; S^2 + S^2 \; V^2 \qquad /13/$$

$$Q = \pm \; V^2 \; S^2 + V$$

19.5. Pomiar depresji wentylatora

Depresję określa się jako różnię ciśnienia atmosferycznego i ciśnienia powietrza bezpośrednio przed wlotem do wentylatora.

19.5.1. Depresja statyczna

Depresję statyczną można określić przy ścianie kanału, jeśli ruch powietrza jest równoległy do ściany. Aby można było otrzymać prawidłowe odczyty, otwór powinien być wykonany bez zadziorów i prostopadle do ściany kanału. Do otworu należy wprowadzić rurkę, której średnica wewnętrzna nie powinna przekraczać 3 mm. Dla zmierzenia depresji statycznej w dowolnym punkcie kanału stosuje się rurkę aerodynamiczną o małej średnicy z zaostrzonym końcem. W ścianie rurki są wykonane cztery otwory o średnicy około 0,3 ÷ 0,5 mm. Rurka ta umożliwia wykonanie bardzo dokładnych pomiarów, jeżeli otwory są prostopadłe do ścianki. Przy pomiarach ciśnień trzeba rurkę ustawiać zgodnie z kierunkiem strumienia obracając ją końcem pod prąd powietrza. Prawidłowe położenie rurki w strumieniu można sprawdzić według minimalnej wielkości ciśnienia na przyłączonym do niej manometrze.

19.5.2. Depresja całkowita

Dla zamierzenia depresji całkowitej wprowadza się w strumień powietrza rurkę skierowaną otwartym końcem pod prąd.
Manometr lub mikromanometr podłączony do tak umieszczonej rurki wskaże wielkość depresji całkowitej, tj.

$$h_c = h_{st} + \frac{v^2 \gamma}{2g} \quad [kg/m^2] \qquad /14/$$

19.5.3 Depresja dynamiczna

Znając depresję statyczną h_{st} i całkowitą h_c, można określić wielkość depresji dynamicznej:

$$h_d = \frac{v^2 \gamma}{2g} = h_c - h_{st} \quad [kG/m^2] \qquad /15/$$

Bezpośrednią wielkość depresji dynamicznej uzyska się, gdy oba końce rurki Pi ota podłączy się do jednego manometru lub mikromanometru.

Przy wysokich depresjach wentylatorów, do pomiaru depresji statycznej i całkowitej stosuje się manometr wodny /U-rurkę/.

Przy mniejszych depresjach wentylatorów oraz do bezpośredniego pomiaru depresji dynamicznej stosuje się mikromanometry. Przy pomiarze depresji mikromanometrem wielkość depresji oblicza się ze wzoru:

$$h = \gamma_s L \quad \sin\alpha \qquad /16/$$

gdzie: γ_s - ciężar właściwy cieczy użytej do mikromanometru,
L - wychylenie słupa cieczy w rurce w mm,
α - kąt nachylenia rurki mikromanometru.

Jako ciecz do mikromanometru stosuje się alkohol, naftę lub zabarwioną wodę o określonym ciężarze właściwym.

19.6. Pomiar poboru mocy

Najdokładniejszym sposobem pomiaru pobranej przez silnik mocy jest pomiar wykonany w układzie Arona.
W praktyce eksploatacyjnej pomiar taki jest jednak dosyć trudny do zrealizowania i dlatego z dostateczną dokładnością korzystać można z wyznaczenia mocy pobranej przez silnik za pomocą dobrze wskazującego amperomierza.
Moc pobraną przez silnik oblicza się ze wzoru:

$$N_s = \sqrt{3}\ U\ I\ \cos\varphi \qquad /17/$$

gdzie: U - napięcie na zaciskach silnika
I - prąd pobrany przez silnik /wskazania amperomierza ruchowego/
$\cos\varphi$ - współczynnik mocy.

Napięcie na zaciskach silnika jest zwykle stałe i niewiele się różni od napięcia nominalnego. Wartość $\cos\varphi$ jest również zwykle zbliżona do nominalnej i zależy od obciążenia silnika. Dla silników asynchronicznych zmianę $\cos\varphi$ podaje tablica 3.

Obciążenie silnika
w stosunku do jego obciążenia znamionowego

Tablica 3 -

Stopień obciążenia silnika napędowego				
0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
współczynnik mocy cos φ				
0,74	0,87	0,90	0,91	0,91
0,63	0,80	0,86	0,88	0,88
0,56	0,74	0,82	0,85	0,86
0,49	0,69	0,78	0,82	0,83
0,46	0,65	0,75	0,79	0,80
0,40	0,60	0,70	0,76	0,78

W przypadku istnienia legalizowanego licznika elektrycznego na tablicy pomiarowej silnika, można wyznaczać moc z obrotów tarczy licznika. Stała licznika wyraża energię kWh przypadającą na jeden obrót, zatem:

$$N = \frac{3600 \quad C\ n}{t} \qquad /18/$$

gdzie: C - stała licznika kWh na obrót
n - liczba obrotów licznika /tarczy/
t - czas pomiaru obrotów tarczy licznika /s/

19.7. Pomiar liczby obrotów wentylatora

W pomiarach ruchowych wystarcza oznaczyć liczbę obrotów zwykłym obrotomierzem. Przy bezpośrednim sprzężeniu wentylatora z silnikiem napędowym dokonuje się pomiaru na wale napędu. W układzie z przekładnią pasową mierzy się obroty na wale wentylatora. Ze względu bowiem na poślizg przekładni, należy unikać pomiaru obrotów na wale silnika napędowego.

20. Sposób wykonywania pomiarów

Badanie wentylatora składa się z następujących czynności:
- przygotowanie przyrządów pomiarowych
- przygotowanie wentylatora do pomiaru
- pomiar właściwy.

20.1. Przygotowanie przyrządów

Zasadniczym warunkiem dla dobrego wykonania pomiaru są prawidłowe wskazania przyrządów, które należy wycechować przed pomiarem. Szczególny nacisk kładzie się na prawidłowe działanie anemometru, który przed pomiarem należy wywzorować i zaopatrzyć w wykres poprawek.

U-rurka bądź mikromanometr są przyrządami prostymi i nie wymagają specjalnego zachodu, konieczna jest jednak znajomość ciężaru gatunkowego stosowanej cieczy. Przed pomiarem należy sprawdzić szczelność węży gumowych oraz ich połączeń z U-rurką bądź mikromanometrem. Posługując się do pomiaru mocy tablicowymi przyrządami silnika napędowego, należy je sprawdzić przed pomiarem. Dbałość o te przyrządy jest zresztą wymagana w normalnym ruchu wentylatora.

20.2. Przygotowanie wentylatora do pomiaru

Polega przede wszystkim na wykonaniu dobrze obmyślanej regulacji wydatku powietrza, polegającej na dławieniu przepływu. Sposób dławienia przepływu powietrza zależy od warunków lokalnych.

Najwłaściwszym jest pomiar przez odcięcie wentylatora od kopalni i poborze powietrza z otoczenia. W tym celu, w szybie, poniżej wlotu do kanału odprowadzającego powietrze do wentylatora, buduje się tamę. Dopływ powietrza w czasie pomiaru odbywa się wlotem szybowym, jego zaś regulacji dokonuje się klapami szybowymi bądź też rozsuwalną tamą.

Gdy w kanale doprowadzającym istnieje zasuwa /z reguły w instalacjach wentylatorów osiowych/ należy posługiwać się nią do dławienia przepływu, rezygnując z regulacji u wlotu do szybu. Można również mierzyć korzystając z powietrza wypływającego z kopalni i regulującego przepływ zasuwą w kanale doprowadzającym. W razie braku takiej zasuwy, konieczne jest zabudowanie tamy regulacyjnej w kanale bądź też u jego wylotu. Tama powinna być tak zbudowana, aby otwór przepływu powietrza można było regulować w czasie ruchu wentylatora. Pobierając powietrze z kopalni, można zdjąć tylko część charakterystyki, poczynając od wydatku Q = 0 do wydatku ograniczonego otworem równoznacznym obwodu wentylacyjnego, do którego jest przyłączony wentylator. Większe wydatki osiąga się otwierając wlot do szybu z atmosfery.

Poza przygotowaniem urządzeń do regulacji przepływu powietrza należy wykonać:

a/ rusztowanie u wylotu z dyfuzora,
b/ rozpiąć siatkę na wylocie z dyfuzora,
c/ zabudować sondę w kanale doprowadzającym powietrze do wentylatora,
d/ zainstalować aparaty do pomiaru mocy silnika napędowego.

Pomiar wentylatora należy rozpocząć od maksymalnego obciążenia, aby skończyć na obciążeniu minimalnym. Podczas każdego obciążenia mierzy się wszystkie wielkości, przy czym wydajność wentylatora mierzy się dwa do trzech razy, a wielkości pozostałe jak ciśnienie, pobór mocy, liczbę obrotów itp. odczytuje się kilkakrotnie /3÷5 razy/. Czas trwania pomiaru przy jednym obciążeniu wynosi, w zależności od sprawności przeprowadzających pomiar, od 30 minut do godziny.

Aby charakterystykę wentylatora wykreślić dostatecznie dokładnie, trzeba wykonać pomiary przy co najmniej ośmiu obciążeniach wentylatora. Przy wykonywaniu pomiarów szczególnie dokładnych, np. gwarancyjnych, mierzy się wentylator przy 10 obciążeniach, rozpoczynając od maksymalnego obciążenia wentylatora i przesuwając się w kierunku obciążenia minimalnego. W czasie trwania pomiaru wentylator musi pracować przy niezmiennych warunkach. W szybach wentylacyjnych w czasie pomiaru nie może się odbywać ruch klatek. Jeżeli istnieje możliwość zmiany liczby obrotów wentylatora, to trzeba wykonać pomiary ustalające charakterystykę dla każdej możliwej liczby obrotów.

W przypadku istnienia układu kierowniczego, trzeba wykonać pomiary dla kilku jego położeń, ażeby sporządzić charakterystykę wentylatora do kilku położeń łopatek kierowniczych, a co najmniej dla:

-położenia obojętnego,
-maksymalnego ujemnego,
-maksymalnego dodatniego.

W wentylatorach osiowych, w których istnieje możliwość dokonywanie zmiany kąta ustawienia łopatek wirnika, należy wykonać pomiary ustalające charakterystykę dla każdego możliwego ustawienia łopatek.

20.3. Pomiar właściwy

Przed pomiarem należy przygotować dzienniki pomiarowe, a mianowicie:

a/ dziennik do pomiaru prędkości powietrza,
b/ dziennik do pomiaru depresji statycznej, całkowitej i dynamicznej:
- między wentylatorem a zasuwą lub inną tamą regulacyjną,
- między szybem a zasuwą lub tamą regulacyjną,
- w dyfuzorze po stronie tłoczącej wentylatora.
c/ dziennik do pomiaru poboru mocy przez silnik napędowy oraz do pomiaru obrotów wirnika wentylatora,
d/ dziennik warunków atmosferycznych powietrza oraz własności powietrza przepływającego przez wentylator.

20.4. Obsada pomiarów

Do pomiarów potrzeba siedmiu osób, przy czym poszczególne osoby wykonują następujące czynności:
osoba prowadząca pomiary:
a/ wydaje dyspozycje dotyczące odczytów i pomiarów,
b/ wydaje polecenia dotyczące regulacji wielkości przepływu powietrza przez regulację zasuwą lub tamą regulacyjną na podstawie obserwacji zmian depresji,
c/ dokonuje odczytów depresji statycznej całkowitej i dynamicznej na manometrach wodnych po stronie ssącej i tłoczącej wentylatora.

Dwie osoby mierzą prędkości przepływu powietrza, przy czym jedna prowadzi anemometr, druga natomiast obserwuje czas na stoperze i daje sygnał do przesuwania anemometru.
Jedna osoba mierzy:
a/ pobór mocy przez silnik napędowy
b/ liczbę obrotów wirnika wentylatora
Jedna osoba mierzy parametry powietrza płynącego przez wentylator oraz powietrza atmosferycznego i tak:
a/ temperaturę termometrem suchym i wilgotnym,
b/ ciśnienie barometryczne,
Dwie osoby zmieniają położenie zasuwy na polecenie prowadzącego pomiary.

20.5 Przebieg pomiarów

Przebieg pomiarów jest następujący:

a/ Najpierw należy zamknąć zasuwę w kanale, a następnie otworzyć zrąb szybu wentylacyjnego, w celu umożliwienia zasysania powietrza przez wentylator z atmosfery.

b/ Następnie należy stopniowo otwierać zasuwę w kanale, przy czym mierzy się pobór mocy przez silnik napędowy, obserwując czy silnik nie przekroczył mocy znamionowej. Jeżeli pobór mocy silnika osiągnie moc znamionową należy wstrzymać dalsze otwieranie zasuwy, gdyż grozi to spaleniem silnika. Równocześnie prowadzący pomiary przez cały czas otwierania zasuwy obserwuje depresję statyczną wentylatora wychwytując ewentualne wypukłości i wklęsłości charakterystyki.

c/ Po całkowitym otwarciu zasuwy lub po otwarciu do wartości określonej poborem mocy /znamionowej/ i odczekaniu około 15 minut, prowadzący daje polecenie wykonania pierwszego pomiaru.

d/ Wszystkie osoby wykonują przydzielone im pomiary i to w jednym czasie. Odczyty na przyrządach należy wykonywać co najmniej dwukrotnie, w celu zwiększenia dokładności pomiaru. Wyniki pomiarów i odczytów należy wpisywać do odpowiednich dzienników.

Wpisywanie wyników pomiarów należy rozpocząć od wpisania kolejnego numeru położenia zasuwy lub tamy regulacyjnej podyktowanej przez prowadzącego pomiar.

e/ Po wykonaniu wszystkich pomiarów i odczytów przy jednym położeniu zasuwy lub tamy regulacyjnej, prowadzący pomiary daje polecenie zmiany położenia zasuwy lub wielkości okna w tamie regulacyjnej, w celu uzyskania zmiany obciążenia wentylatora.

f/ Po zmianie położenia zasuwy i odczekaniu około 15 minut, prowadzący wydaje wszystkim mierzącym polecenie wykonania kolejnych pomiarów przy nowym położeniu zasuwy.

g/ Dla pełnego zdjęcia charakterystyki przy stałych obrotach wirnika wentylatora lub przy jednym ustawieniu zarówno łopatek wirnika jak i łopatek kierowniczych, należy wykonać pomiary przy co najmniej ośmiu różnych obciążeniach wentylatora, to jest przy ośmiu różnych otwarciach zasuwy, tj. od całkowicie otwartej do całkowicie zamkniętej zasuwy lub tamy regulacyjnej.

h/ Po pomiarach należy zmierzyć przekrój poprzeczny S_1 dyfuzora w płaszczyźnie pomiaru prędkości powietrza oraz przekrój poprzeczny w miejscu zainstalowania rurki Pitota, zarówno po stronie ssącej S_2 jak i tłoczącej S_3.

21. Sposoby wykrywania zaburzeń w sieci wentylacyjnej kopalni na podstawie zmian parametrów pracy wentylatora

21.1. Wiadomości ogólne

Wszelkiego rodzaju zaburzenia w sieci wentylacyjnej są zawsze niebezpiecznym zjawiskiem w kopalniach węgla kamiennego. Zaburzenia te mogą być spowodowane wskutek:

- powstania zawału lub przypadkowego korka podsadzkowego na drodze przepływu prądu powietrza,
- powstania pożaru we wznoszącym lub schodzącym prądzie powietrza.

Wymienione zaburzenia w sieci wentylacyjnej są często powodem odwracania kierunków przepływu prądów powietrza, co stwarza potencjalne zagrożenie dla załogi, szczególnie w czasie pożaru podziemnego.

Częstą przyczyną zaburzeń w sieci wentylacyjnej jest utworzenie się na drodze przepływu powietrza korka podsadzkowego, wskutek pęknięcia rurociągu podsadzkowego.
Takie przypadkowe zakorkowanie dróg wentylacyjnych było powodem wielu poważnych awarii w kopalniach węgla kamiennego.

Ze względu na eksploatację poziomów i kopalni o coraz większej gazowości, należy zwrócić szczególną uwagę na unikanie wszelkiego rodzaju przypadkowych krótkich spięć prądów powietrznych, aby tym samym zapobiec wszelkim zaburzeniom w sieci wentylacyjnej.

Następnym kolejnym czynnikiem wpływającym na powstawanie zaburzeń w sieci wentylacyjnej są pożary w schodzących i wznoszących się prądach powietrza. Tego rodzaju zaburzenia były zarówno w kopalniach krajowych, jak i w zagranicznych przyczyną poważnych katastrof górniczych. Zaburzenia te były spowodowane powstawaniem dodatkowej depresji w kopalnianej sieci wentylacyjnej.
Wszystkie te zaburzenia w kopalnianej sieci wentylacyjnej wywierają wpływ na pracę wentylatora głównego. Należyta obserwacja

pracy wentylatora pozwala w wielu przypadkach już w pierwszej fazie wykryć tworzenie się zaburzeń w sieci wentylacyjnej.

21.2. Charakterystyka zaburzeń w sieci wentylacyjnej oraz ich wpływ na pracę wentylatora

Wentylator główny zainstalowany w sieci wentylacyjnej kopalni dostosowuje się do oporu danej sieci. Punkt pracy P wentylatora[x] będzie się wówczas znajdował na przecięciu krzywej charakterystyki wentylatora h = f/Q/ z krzywą oporu A danej sieci wentylacyjnej, w miejscu pokazanym na rys. 2.

Ze względu na znaczne rozbudowanie sieci wentylacyjnej kopalń, dużą liczbę dróg oraz przecinek i chodników zamkniętych tamami z drzwiami, częste otwieranie i zamykanie tam, ruch klatek i skipów w szybach, punkt pracy wentylatora nie znajduje się stale w jednym miejscu, lecz przesuwa się w obu kierunkach od punktu P /rys. 2/ wzdłuż krzywej h = f /Q/.

Na podstawie bezpośrednich obserwacji parametrów pracy wentylatora, a szczególnie na podstawie analizy wykresu depresji samopiszącego depresjomierza, można ustalić dla każdego wentylatora pewien zakres normalnych zmian jego parametrów w danej sieci wentylacyjnej. Przedział zmian położenia punktu pracy wentylatora wynosi:

$$/P + \varepsilon\ ,\ P - \varepsilon/$$

Przedział ten może być ustalony na podstawie wykresu depresji z samopiszącego depresjomierza /rys. 3/.

Do normalnych zmian miejsca położenia punktu pracy wentylatora można zaliczyć zmiany spowodowane:

- ruchem klatek w szybach wdechowych i wentylacyjnych,
- wszelkie przejścia przez śluzy wentylacyjne,
- wszystkie zmiany spowodowane normalnym dziennym ruchem kopalni.

Zmiany te powodują zarówno zmniejszenie, jak i zwiększenie depresji wentylatora, a tym samym przepływ przez wentylator mniejszej lub większej ilości powietrza, nie stwarzają jednak żadnego zagrożenia, tak w warunkach normalnych, jak i w czasie pożaru.

---

[x] Punktem pracy wentylatora P nazywa się miejsce w charakterystyce wentylatora, któremu odpowiadają osiągane w danej chwili parametry /wydajność Q - m^3/min i depresja h-mm H_2O.

Każde przesunięcie miejsca położenia punktu pracy wentylatora poza zakres normalnych zmian /P + ε, P - ε / jest spowodowane zaburzeniem w sieci wentylacyjnej. W zależności od wielkości przesunięcia punktu pracy wentylatora zaburzenia te mogą być większe lub mniejsze.

Na rysunku 4, 5 i 6 podano przykładowo wykresy samopiszących depresjomierzy z wentylatorów w sieci, w których powstały zaburzenia wentylacyjne. Na rysunkach tych podano również zakres normalnych zmian położenia punktu pracy wentylatora w przedziale /P+ε/ i /P - ε /.

Dla umożliwienia panowania nad całokształtem zagadnień dotyczących prawidłowej wentylacji kopalń, dozór kopalni powinien być na bieżąco informowany o wszelkiego rodzaju zaburzeniach w sieci wentylacyjnej już w pierwszej fazie ich powstawania. Uzyskanie w porę informacji o zaburzeniach w sieci wentylacyjnej, pozwoli dozorowi kopalni na czas zapobiec powstaniu zagrożenia.

Zaburzenia w sieci wentylacyjnej kopalni podzielić można na dwie grupy:

1. Zaburzenia, w wyniku których punkt pracy wentylatora przesuwa się w kierunku większej wydajności /na prawo swej charakterystyki/. Do tej grupy zaburzeń można zaliczyć:
   - powstanie krótkiego spięcia powietrza wskutek otwarcia tam oddzielających grupowe prądy świeżego i zużytego powietrza,
   - powstanie pożaru we wznoszących prądach powietrza lub powstanie depresji cieplnej na drogach wznoszących, którymi płyną gorące gazy pożarowe,
   - wybuch metanu lub pyłu węglowego.

2. Zaburzenia w sieci wentylacyjnej, w wyniku których punkt pracy wentylatora przesuwa się w kierunku mniejszej wydajności /na lewo swej charakterystyki/.

Do tej grupy zaburzeń można zaliczyć między innymi:

- powstanie zawału lub przypadkowego korka podsadzkowego na drodze przepływu prądu powietrza, szczególnie w wyrobiskach, którymi płyną grupowe prądy powietrza;
- powstanie pożaru w schodzącym prądzie powietrza lub powstanie depresji wskutek przepływu gorących gazów pożarowych wyrobiskami ze schodzącymi prądami powietrza.

Na podstawie kierunku przesuwania się punktu pracy wentylatora, głównego można ustalić jedną z dwóch możliwych wymienionych grup przyczynowych tworzenia się zaburzeń w sieci wentylacyjnej. Informacja taka pozwala wykluczyć bądź wskazać przyczyny powodujące zaburzenia wentylacyjne.

22. Sygnalizacja zaburzeń w kopalnianych sieciach przewietrzania

22.1. Stan obecny

W kopalniach węgla kamiennego prawie wszystkie wentylatory główne, zarówno czynne, jak i zapasowe, są wyposażone w urządzenia pozwalające na kontrolę ich parametrów pracy. Przyrządami tymi są:

- manometry wodne,
- depresjomierze samopiszące,
- wolumenometry,
- amperomierze i woltomierze.

Urządzenia te najczęściej są zainstalowane w budynku wentylatora głównego. W ostatnim czasie w znacznym stopniu eliminuje się stałą obsługę wentylatorów głównych, zastępując ją obsługą dorywczą; nierzadko obsługujący wentylator jest zarazem maszynistą wyciągowym, osobą obsługującą główną rozdzielnię itp.
W związku z systematycznym usuwaniem obsługi wentylatorów głównych, urządzenia kontrolno-pomiarowe przestają być obserwowane, a co najważniejsze nikt nie jest informowany o wszelkiego rodzaju zmianach parametrów pracy wentylatorów wywołanych zaburzeniami w sieci wentylacyjnej.
Jako przykład należy podać wypadek, jaki wydarzył się w jednej z kopalń, w której wskutek pęknięcia rurociągu podsadzkowego w przekopie wentylacyjnym został odcięty wypływ powietrza z pięciu oddziałów produkcyjnych. W partii, z której został odcięty wypływ prądu powietrza, znajdowało się kilka pól pożarowych z których łącznie wydzielało się:

dwutlenku węgla	0,5 $[m^3/min]$
tlenku węgla	0,01 $[m^3/min]$

Po upływie czterech godzin od chwili zamulenia wylotu powietrza, w wyniku odwróceń kierunków przepływu prądu powietrza i zmniej-

szenia się intensywności przewietrzania, wzrosła koncentracja tlenku węgla do 0,05 % i dwutlenku węgla do 1,5 % w atmosferze wymienionych pięciu oddziałów, wskutek czego zatrudniona tam załoga uległa zatruciu tlenkami węgla. Dozór kopalni zorientował się o powstałym zaburzeniu dopiero po upływie czterech godzin od chwili zakorkowania wylotu, po objawych zatrucia kilku osób załogi.

Bliższa analiza okoliczności wypadku wykazała, że tworzenie się korka w wylotowym prądzie powietrza mogło być wykryte na podstawie obserwacji zmian parametrów pracy wentylatora, już w chwili kiedy korek zajmował 15 % poprzecznego przekroju wyrobiska. Wydarzenie to, które pociągnęło za sobą masowy wypadek zatrucia gazami oraz straty materialne zakładu wskutek nieobkładania przez kilka zmian oddziałów produkcyjnych było impulsem do bliższej analizy tego zagadnienia i ustalenia konkretnych propozycji dla uniknięcia tego rodzaju wypadków, spowodowanych zaburzeniami w kopalnianej sieci wentylacyjnej.

Drugi przykład w jednej z kopalń w czasie podsadzania podsadzką płynną, ok. godz. $6.^{12}$ nastąpiło pęknięcie rurociągu podsadzkowego w chodniku wentylacyjnym odprowadzającym powietrze z dwóch oddziałów. Po upływie ok. godziny cały przekrój poprzeczny chodnika wentylacyjnego został zatkany. Kierownictwo kopalni zorientowało się o powstaniu korka podsadzkowego dopiero po upływie 3 godzin i poleciło go usunąć, co wykonano ok. godz. 16. Wpływ tworzenia się korka podsadzkowego w chodniku wentylacyjnym na pracę wentylatora ilustruje wykres z depresjomierza samopiszącego /rys. 4/.

Depresja wentylatora znajdowała się do godz. 6^{24} w granicach normalnych zmian /w przedziale $P + \varepsilon$, $P - \varepsilon$/, a następnie o godz. $7.^{00}$ wzrosła do wartości 100 mm H_2O. O godz. 10^{00} przystąpiono do usuwania korka podsadzkowego i po uzyskaniu przepływu powietrza w chodniku wentylacyjnym depresja wentylatora spadała systematycznie. Po całkowitym usunięciu korka podsadzkowego ok. godz. 16^{00} - wskazówka depresjomierza samopiszącego wróciła do przedziału, w którym znajdowała się przed powstaniem korka podsadzkowego. Szczegółowa analiza okoliczności powstania korka podsadzkowego wykazała, że po upływie zaledwie 12 minut od chwili pęknięcia rurociągu podsadzkowego/w tym czasie zmniejszył się przekrój poprzeczny chodnika o ok. 20 %/ na depresjo-

mierzu samopiszącym można było zauważyć wychylenie wskazówki poza zakres normalnych zmian. W porę zauważona zmiana depresji wentylatora przyczyniła się do przerwania powiększenia się korka podsadzkowego.

Następny przykład. W jednej z kopalń powstał zawał w grupowym prądzie zużytego powietrza, w wyniku którego nastąpiło znaczne, zmniejszenie ilości przepływu powietrza z poziomu 500 m.. Zawał ten spowodował odwrócenie kilku prądów powietrza w kopalni, wskutek czego powstało znaczne zaburzenie w sieci wentylacyjnej.

Wpływ powstałego zawału na pracę wentylatora ilustruje w sposób wyraźny wykres depresjomierza samopiszącego /rys. 5/. Z wykresu tego wynika, że zawał powstał o godz. 4^{00} i spowodował wzrost depresji wentylatora z 80 do 120 mm H_2O.

Na rysunku 6 podano wykres depresjomierza samopiszącego z innej kopalni, w której powstało krótkie spięcie prądów powietrznych, wskutek otwarcia śluzy wentylacyjnej w wyrobisku łączącym grupowy prąd powietrza świeżego i zużytego. W wyniku powstałego krótkiego spięcia, depresja wentylatora zmniejszyła się poza zakres normalnych zmian /$P + \varepsilon$, $P - \varepsilon$ / i spadła do wartości 50 mm H_2O.

22.2. Współzależność parametrów pracy wentylatora

Każdą zmianę w sieci wentylacyjnej powodującą przesunięcie punktu pracy wentylatora poza normalny zakres tych zmian nazywa się zaburzeniem wentylacji kopalń.

Parametry pracy wentylatora: depresja, pobór mocy i sprawność pozostają w funkcyjnej zależności od wydajności wentylatora i dlatego ze zmianą wydajności zmieniają się pozostałe parametry pracy wentylatora.

Dla uzyskania na bieżąco informacji co do stanu przewietrzania kopalni, a w szczególności danych dotyczących powstawania zaburzeń w sieci wentylacyjnej kopalni, należy dla czynnego wentylatora ustalić przedział normalnych zmian parametrów pracy wentylatora. Można to uczynić wychodząc z zakresu normalnych zmian wydajności wentylatora lub z jego depresji bądź z poboru mocy. Przedział $P + \varepsilon$ normalnych zmian parametrów pracy wentylatora można ustalić na podstawie charakterystyki danego wentylatora bądź na podstawie wykresu zmian depresji z depresjomierza samopiszącego lub też wykresu zmian ilości /prędkości/ powietrza. W charakterystykę wentylatora należy wkreślić przedział normalnych zmian parametrów pracy wentylatora w sposób pokazany na rys.2.

Krzywa depresji h = f /Q/ i krzywa poboru mocy N = f /Q/ podawane w charakterystykach wentylatorów głównych, są często funkcjami wieloznacznymi i dlatego wybór parametru pracy wentylatora, na podstawie którego będzie sygnalizowane zaburzenie w sieci wentylacyjnej, wymaga szczegółowej analizy.

W zależności od rodzaju charakterystyki wentylatora, parametrem pracy wentylatora, który można wykorzystać do sygnalizacji zaburzeń w sieci wentylacyjnej może być: depresja całkowita, wydajność lub pobór mocy. Jako najodpowiedniejszy należy uznać ten parametr pracy wentylatora, którego funkcja w przedziale normalnych zmian /P + ε , P - ε / ulega większym przyrostom.

22.3. Urządzenie do sygnalizacji zaburzeń w sieci wentylacyjnej

Można ustalić kilka sposobów rozwiązań urządzeń, sygnalizujących przesunięcie parametrów pracy wentylatora poza normalny zakres zmian /P + ε , P - ε / bądź /Q + μ , Q - μ /, bądź /N + ϑ , N - ϑ /, czyli urządzeń sygnalizujących powstawanie zaburzenia w kopalnianej sieci wentylacyjnej.

Urządzenia te można podzielić na trzy grupy:

- urządzenia działające pod wpływem zmian depresji wentylatora w przedziale /P + ε , P - ε /,
- urządzenie działające pod wpływem zmian wydajności w przedziale /Q + μ , Q - μ /,
- urządzenia działające pod wpływem zmian poboru mocy silnika napędowego w przedziale /N + ϑ , N - ϑ /.

W pracy niniejszej zostaną omówione niektóre ze sposobów sygnalizacji zaburzeń w kopalnianej sieci wentylacyjnej, w których zasada działania oparta jest na zmianie depresji wentylatora.

22.4. Urządzenia działające pod wpływem zmian depresji wentylatora

W zależności od rodzaju charakterystyki wentylatora pod wpływem zmian wydajności wentylatora, depresja może zachować się w następujący sposób:

- przy pracy wentylatora na opadającej części charakterystyki, ze zwiększaniem się wydajności wentylatora depresja maleje, a ze zmniejszaniem się - wzrasta, w sposób pokazany na rys. 2,4,
- przy pracy wentylatora na wznoszącej się części charakterystyki, ze wzrostem wydajności wzrasta depresja wentylatora, natomiast ze zmniejszaniem się wydajności - zmniejsza się, w sposób pokazany na rys. 7a i 7b,

- przy pracy wentylatora w poziomej części charakterystyki, przy zmianie wydajności depresja pozostaje prawie bez zmian /rys. 8a i 8b/,
- przy pracy wentylatora w siodłowej lub grzbietowej części charakterystyki, przy zmianie wydajności depresja może zachowywać się różnie /rys. 9a i 9b/.

Urządzenie działające na zasadzie zmian depresji wentylatora można zastosować we wszystkich przypadkach, w których wentylator pracuje na wznoszącej lub opadającej części charakterystyki.

22.5. Sposoby rozwiązań urządzeń do sygnalizacji zaburzeń w kopalnianej sieci wentylacyjnej na podstawie zmian depresji wentylatora

Sposób 1

Urządzenie do sygnalizacji zaburzeń w kopalnianej sieci wentylacyjnej, pokazane na rysunku 10, składa się z następujących elementów:

- rurki 1 do podłączenia przekaźnika depresji,
- aneroidu 2 stanowiącego część depresjomierza samopiszącego,
- dźwigni 3 połączonej z aneroidem,
- styku ruchomego sprężynującego 5 zamykającego obwód lampki sygnalizującej zwiększenie oporu w systemie wentylacyjnym,
- styku ruchomego sprężynującego 6, zamykającego obwód lampki sygnalizującej zmniejszenie oporu w systemie wentylacyjnym,
- przewodu giętkiego 7, łączącego styk ruchomy 4, z kablem,
- płytki izolacyjnej 8, do której są przymocowane styki 5 i 6,
- kabla telefonicznego 9,
- baterii akumulatorów 10,
- lampki 11 koloru zielonego Z,
- lampki 12 koloru czerwonego C,
- lampki 13 koloru białego B,
- kondensatorów 14 - C_1, C_2 - 0,1 μF.

Całe urządzenie składa się z dwóch zasadniczych części.
Część I stanowi nadajnik służący do ustalenia zaburzeń w sieci wentylacyjnej na podstawie zmian depresji wentylatora głównego. Ta część urządzenia znajduje się przy wentylatorze, a mianowicie rurka Pi ota w kanale wentylatora, a aneroid 2 z dźwignią 3 i stykami 4, 5, 6 w szafce depresjomierza samopiszącego.

Część II stanowi odbiornik zainstalowany u dyspozytora kopalni, służący do sygnalizacji zaburzeń powstałych w sieci wentylacyjnej na podstawie spadku lub wzrostu depresji wentylatora poza zakres normalnych zmian. Ta część urządzenia składa się z lampek: Z, C i B oraz z baterii akumulatorowej 10. Odbiornik z nadajnikiem jest połączony kablem telefonicznym 9.

Sposób działania urządzenia sygnalizującego zaburzenia w sieci wentylacyjnej jest następujący: Styki 5-6 /rys. 10/ należy tak usytuować względem siebie aby odpowiadały ściśle przedziałowi normalnych zmian depresji wentylatora, tj. /P + ε , P - ε /; styk 4 połączony z aneroidem 2 układem dźwigniowym powinien znajdować się między stykami 5 i 6. Przy normalnej pracy wentylatora w przedziale /P + ε , P - ε / styk 4 nie powinien kontaktować się ze stykami 5 i 6.

Z chwilą przesunięcia się punktu pracy wentylatora wzdłuż jego charakterystyki w kierunku mniejszej wydajności, a tym samym z chwilą zmiany depresji wentylatora poza zakres P + ε lub P - ε, nastąpi zamknięcie obwodu i zapalenie lampki zielonej Z, sygnalizującej wzrost oporu w obserwowanym systemie sieci wentylacyjnej. W przypadku powstania zaburzeń w sieci wentylacyjnej powodujących przesunięcie punktu pracy wentylatora w kierunku większej wydajności, a tym samym z chwilą zmiany depresji wentylatora poza przedział /P + ε , P - ε /, nastąpi zamknięcie obwodu i zapalenie lampki czerwonej C sygnalizującej spadek oporu w obserwowanym systemie sieci wentylacyjnej.

Sposób 2

Drugi sposób rozwiązania części I urządzenia, tj. nadajnika służącego do ustalenia zaburzeń w sieci wentylacyjnej, stanowi układ składający się z manometru kontaktowego /rys. 11/.

W manometrze /U-rurce/ umieszcza się dwa pierścienie sprężynujące: P_G i P_D, połączone z przewodami elektrycznymi. Pierścienie P_G i P_D należy osadzić w punktach odpowiadających depresji /P + ε , i /P - ε /, w sposób pokazany na rys. 11. Między pierścieniami P_G i P_D należy umieścić pływak P wykonany z korka z przymocowaną folią. Do pływaka P podłącza się na specjalnej spirali sprężystej przewód elektryczny.

W miarę zmian depresji wentylatora będzie się zmieniać położenie pływaka P. Z chwilą wystąpienia zaburzenia w sieci wentylacyjnej powodującego wzrost lub spadek depresji poza normalny zakres

zmian /P + ε ; P - ε /, pływak kontaktuje się z jednym z pierścieni powodując zamknięcie obwodu elektrycznego i zaświecenie żarówki czerwonej w razie zmniejszenia lub zielonej w razie zwiększenia oporu sieci wentylacyjnej. Urządzenie do sygnalizacji zaburzeń w sieci wentylacyjnej wykonana wg sposobu 1 zostało zainstalowane w kop. Polska i pracuje nienagannie od 1.VII.1963 r.

Wnioski

- Stała obserwacja parametrów pracy wentylatorów głównych przyczyni się do wykrycia wszelkich zaburzeń w sieci wentylacyjnej już w pierwszej fazie ich powstawania.
- Na podstawie zasygnalizowania zmiany oporu sieci wentylacyjnej pod wpływem powstałego zaburzenia można w przybliżeniu ustalić przyczynę powstania tego zaburzenia.
- Należy wyposażyć wentylatory we wszystkich szybach wentylacyjnych w urządzenia do sygnalizacji zaburzeń w kopalnianej sieci wentylacyjnej, co przyczyni się do znacznego zwiększenia stanu bezpieczeństwa w kopalniach węgla kamiennego.

CZĘŚĆ II

1. Wentylatory osiowe

1.1. Wiadomości ogólne

W wentylatorach osiowych powietrze przepływa osiowo, tj. wzdłuż osi obrotu wirnika.

Wentylatory osiowe są budowane jako jedno - dwu -, a nawet trzystopniowe.

Pojedynczy stopień składa się zasadniczo z wirnika i kierownicy. Wielkość spiętrzenia uzyskiwanego z pojedynczego stopnia jest ograniczona warunkami przepływowymi i wytrzymałościowymi oraz przez dopuszczalną wielkość natężenia hałasu. Jeśli jest wymagane większe spiętrzenie ciśnienia niż uzyskiwane z pojedynczego stopnia, stosuje się wentylatory wielostopniowe.

Łopatki rozmieszczone na kole wirnikowym tworzą wieniec wirnikowy, a łopatki kierownicy tworzą wieniec kierownicy. Liczba łopatek wirnika /pojedynczego wieńca/ wynosi od kilku do kilkunastu. Liczba łopatek kierownicy różni się z reguły od liczby łopatek wirnika, ze względu na nakładanie się impulsów. Zależnie od wielkości wentylatora i prędkości powietrza, łopatki są profilowane /np. wygięte z blachy/. Przy dużych wydajnościach i prędkościach w zasadzie są stosowane łopatki profilowane. Wentylatory osiowe są budowane przy zastosowaniu jednego z trzech zasadniczych układów łopatkowych:

a/ wirnik - kierownica
b/ kierownica - wirnik - kierownica
c/ kierownica - wirnik

W układzie wirnik - kierownica powietrze dopływa do wirnika osiowe i wypływa z kierownicy również osiowo.

W układzie b/ i c/, przy zastosowaniu kierownicy, powietrza dopływa do wirnika z zawirowaniem współbieżnym w kierunku zgodnym z kierunkiem obrotów wirnika lub z zawirowaniem przeciwbieżnym, przeciwnym do kierunku obrotu wirnika.

W wentylatorach kopalnianych najczęściej jest stosowany ten ostatni przypadek, ze względu na możliwość uzyskania stosunkowo dużych sprawności i spiętrzeń przy niskich obrotach.

Teoretyczna wartość spiętrzenia ciśnienia jest obliczana ze wzoru:

$$\Delta p = U \, \Delta Cu \, \varrho$$

$\Delta p \left[\frac{kG}{m^2}\right]$ - spiętrzenie ciśnienia

$U \left[\frac{m}{sek}\right]$ - prędkość obwodowa

$\Delta Cu \left[\frac{m}{sek}\right]$ - przyrost składowej obwodowej prędkości bezwzględnej na wirniku

$\varrho \left[\frac{kG \, sek^2}{m^4}\right]$ - gęstość powietrza

Wentylator osiowy składa się z części stałej i części wirującej.
Część stałą stanowią:

a/ segment wlotowy /konfuzor/
b/ osłona zewnętrzna wirnika
c/ człon kierownicy
d/ segment wylotowy /dyfuzor/
e/ łożyska

Część wirująca:

a/ tarcze wirnika z łopatkami
b/ wał główny
c/ wał lub wały napędowe
d/ sprzęgła

Jak wykazują badania, bardzo duży wpływ na sprawność i wielkość depresji mają w wentylatorach osiowych luzy promieniowe pomiędzy wierzchołkami łopatek a osłoną.
Z wykresu na rys. 12 widać, że sprawność wentylatora /a także spiętrzenie ciśnienia/ silnie maleje ze wzrostem luzu promieniowego.

1.2. Regulacja parametrów pracy

1.2.1. Ekonomiczny zakres regulacji

Jako ekonomiczny zakres roboczy charakterystyki można przyjąć pole ograniczone przez:

a/ krzywą spiętrzenia całkowitego /odpowiadającą maksymalnej sprawności/ na odcinku między wartościami wydajności odpowiadającymi sprawnościami 70 %

b/ krzywe otworów równoznacznych poprowadzone przez punkty krańcowe tego odcinka,

c/ linię sprawności całkowitej wartości równej 70%.

Praca wentylatora na odcinku leżącym na lewo od punktu maksymalnej wartości spiętrzenia ciśnienia jest niestabilna i szkodliwa dla samego wentylatora. Dlatego jako dopuszczalną maksymalną wartości spiętrzenia ciśnienia przyjmuje się 0,95 wartości spiętrzenia maksymalnego /na charakterystyce/.

Krzywa łącząca punkty maksymalnej wartości roboczej depresji na poszczególnych krzywych /dla różnych kątów ustawienia łopatek/, zwana jest granicą pompowania. Obszar na prawo od tej krzywej jest obszarem stabilnej, a na lewo - niestabilnej pracy wentylatora.

W pewnym położeniu łopatek wieńców, zarówno wirnikowych jak i kierowniczych, otrzymuje się sprawność maksymalną wentylatora.

Krzywą zależności spiętrzenia ciśnienia od wydajności otrzymaną na wykresie przy tym stałym położeniu łopatek i znamionowej liczbie obrotów, nazywa się charakterystyką znamionową wentylatora.

Jeśli charakterystyka znamionowa wentylatora nie pozwala na osiągnięcie żądanej wydajności przy danych oporach sieci, wtedy zachodzi konieczność jej zmiany i przysunięcia na wykresie w taki sposób, aby punkt przecięcia się nowej charakterystyki z krzywą oporów pokrywał się z punktem odpowiadającym żądanym parametrom pracy.

Stosuje się następujące sposoby regulacji wentylatorów osiowych:

a/ przez zmianę liczby obrotów

b/ przez zmianę kąta ustawienia łopatek wirnika

c/ przez zmianę kąta ustawienia łopatek kierownicy

d/ przez równoczesną zmianę kąta ustawienia łopatek wirnika i kierownicy,

e/ przez częściowe wybudowanie łopatek wirnika lub całego stopnia w przypadku wentylatorów wielostopniowych.

Przy zmianie charakterystyki $\Delta p = f\ /\ Q\ /$ zmieniają się również krzywe mocy $N = f\ /\ Q\ /$ i sprawność $\eta = f\ /\ Q\ /$.

1.2.2. Regulacja przez zmianę liczby obrotów wirnika

Przy zmianie liczby obrotów wirnika wentylatora krzywe $\Delta p = f/Q$ i $N = f\ /\ Q\ /$ i $\eta = f\ /Q/$ ulegają odpowiednim przesunięciom na wykresie.

Jeśli oznaczyć znamionowe parametry pracy wentylatora /przed zmianą obrotów/ przy obrotach n_1 przez:

Q_1 - wydajność
Δp_1 - spiętrzenie ciśnienia
N_1 - moc

oraz parametry po zmianie obrotów z n_1 na n_2 odpowiednio przez Q_2, Δp_2, N_2, to otrzymuje się następujące zależności:

a/ $$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1}$$

b/ $$\Delta p_2 = \Delta p_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

c/ $$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

Ten sposób regulacji, jakkolwiek korzystny pod względem ekonomicznym /małe spadki sprawności/ nie jest chętnie stosowany w wentylatorach osiowych. Zakres bowiem regulacji jest tutaj ograniczony względami wytrzymałościowymi i dopuszczalną wielkością natężenia hałasu. Tak natężenie hałasu jak i wytrzymałość wirujących elementów wentylatora, zmieniają się znacznie ze zmianą prędkości obwodowej:

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \left[\frac{m}{sek}\right]$$

$U \left[\frac{m}{sek}\right]$ - prędkość obwodowa wieńca wirującego
$D \left[m\right]$ - średnica zewnętrzna wirnika
$n \left[\frac{1}{min}\right]$ - liczba obrotów wirnika wentylatora

Poza tym zmiana obrotów wirnika wentylatora wymaga stosowania dodatkowo kosztownych i niewygodnych w eksploatacji przekładni. W praktyce wentylator z silnikiem łączy się bezpośrednio za pomocą sprzęgła elastycznego, co w zasadzie wyklucza sposób regulacji przez zmianę obrotów. Obecnie do napędu wentylatorów osiowych bądź promieniowych o wysokich parametrach pracy stosuje się elektryczne silniki dwubiegowe.

1.2.3. Regulacja przez zmianę kątów ustawienia łopatek wirnika

Ten sposób regulacji jest ekonomicznym, wygodnym i jednym z najskuteczniejszych sposobów regulacji parametrów pracy wentylatorów osiowych. Nawet nieduża zmiana kąta ustawienia łopatek wieńca wirnikowego powoduje znaczne przesunięcie charakterystykiznamio-

nowej wentylatora i pozwala na jak najkorzystniejsze dostosowanie parametrów wentylatora do danych oporów sieci /ustawienie łopatek wieńca kierowniczego nie ulega tutaj zmianie/.
Zasadniczą zaletą tego sposobu regulacji jest to, że nawet przy znacznych zmianach parametrów pracy wentylatorów, spadki sprawności są stosunkowo nieznaczne.
Jako zerowe ustawienie łopatek wirnika przyjmuje się takie, przy którym otrzymuje się maksymalną sprawność /ustawienie obliczeniowe/. Ustawienie łopatek inne niż zerowe oznacza się jako dodatnie /+/, jeśli kąt jest większy niż przy ustawieniu obliczeniowym, i odpowiednio ujemne /-/, jeśli kąt ten jest mniejszy niż przy ustawieniu zerowym, co pokazano na rys. 13.
Depresja wentylatora wzrasta ze wzrostem kąta ustawienia łopatek wirnika /przy ustawieniach dodatnich/, przy czym sprawność obniża się nieznacznie, chociaż następuje przesunięcie całej krzywej $\eta = f/Q/$ w zakres większych wydajności.

1.2.4. Regulacja przez zmianę kątów ustawienia łopatek kierownicy

Ten sposób regulacji jest również godny zalecenia jak poprzedni. Regulacja przez zmianę kąta ustawienia łopatek wieńca kierowniczego pozwala również na zmianę przebiegu charakterystyki wentylatora, choć w nieco mniejszym zakresie niż przy zmianach kątów ustawienia łopatek wieńca wirnikowego, również przy nieznacznym spadku sprawności. Jako zerowe ustawienie łopatek wieńca kierowniczego przyjmuje się takie ustawienie, przy którym kąt między osią wentylatora a cięciwą łopatki kierownicy jest równy zeru. Mówi się wtedy, że wentylator pracuje bez zawirowania wstępnego. Zwiększenie tego kąta w kierunku obrotu wirnika powoduje zawirowanie współbieżne i przesunięcie charakterystyki $\Delta pc = f\ /Q/$ w zakres niższych parametrów Δp i Q. Kąt ten oznacza się jako dodatni /+/. Zwiększenie tego kąta w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu wirnika powoduje zawirowanie przeciwbieżne i przesunięcie charakterystyki $\Delta pc = f\ /Q/$ w zakres wyższych parametrów Δp i Q. Kąt ten oznacza się jako ujemny /-/. Im większy jest ten kąt, tym wyższe uzyskuje się parametry Δp i Q. Odpowiednim przesunięciom ulegają również krzywe $\eta = f\ /Q/$ i $N = f\ /Q/$.

1.2.5. Regulacja przez równoczesną zmianę kątów ustawienia łopatek wirnikowych i kierowniczych

Ten sposób regulacji łączy w sobie zalety i cechy poprzednich dwóch sposobów regulacji i pozwala na bardzo dokładne dopasowanie wentylatora do oporów sieci kopalnianej.

1.2.6. Regulacja przez częściowe lub całkowite wybudowanie łopatek wirnikowych

Zmniejszenie liczby łopatek wirnika lub usunięcie jednego wieńca wirnikowego powoduje zmniejszenie depresji jak również sprawności wentylatora.
Ten rodzaj regulacji, ze względu na konieczność wyważania dynamicznego, należy uważać jako mniej korzystny.

1.3. Zalety i wady wentylatorów osiowych

Do zalet wentylatorów osiowych należy:

a/ łatwy sposób regulacji parametrów pracy,
b/ szeroki zakres regulacji wydajności i depresji przy stosunkowo wysokiej sprawności,
c/ możliwość łatwej i szybkiej zmiany z pracy ssącej na tłoczącą, przez zmianę kierunku obrotów wirnika wentylatora /o ile konstrukcja silnika i wentylatora na to pozwalają/,
d/ możliwość przetłaczania dużych ilości powietrza przy stosunkowo niedużych gabarytach wentylatora,
e/ możliwość dokładnego doboru silnika napędowego, bez obawy jego przeciążenia przy zmianie otworu równoznacznego /w odpowiednich granicach/.

Wadą wentylatorów osiowych jest to, że tylko do pewnej prędkości obwodowej nie są hałaśliwe.

1.4. Silniki elektryczne przewidziane do napędu wentylatorów osiowych typu WOK

Do napędu wentylatorów osiowych są przewidziane następujące silniki elektryczne:

1.4.1. Do napędu wentylatora WOK-2jc; silnik asynchroniczny:

typ	SCUf - 1460
moc	60 kW
obroty synchroniczne	1000 1/min
napięcie	500 V

1.4.2. Do napędu wentylatora osiowego WOK-4j; silnik elektryczny asynchroniczny:

typ	SCUf - 118 a na napięcie 500 V
	SCUf -1186 " " 6000V
moc	160 kW
obroty synchroniczne	750 1/min
napięcie	500 lub 6000 V

1.4.3. Do napędu wentylatora osiowego WOK-4dU-B asynchroniczny:

typ	SCUd - 1312 S
moc	250 kW
obroty synchroniczne	500 1/min
napięcie	6000 V

1.4.4. Do napędu wentylatora osiowego WOK-7dU, silnik synchroniczny:

typ	GAd - 1512s
moc	800 kVA
obroty	500 1/min
napięcie	6000 V

1.4.5. Do napędu wentylatora osiowego WOK-8 Pz silnik synchroniczny:

typ	GAd - 1716d
moc	800 kVA
obroty	375 1/min
napięcie	6000 V

Moment rozruchowy silników synchronicznych stosowanych do napędu wentylatorów osiowych powinien wynosić 40% momentu nominalnego silnika synchronicznego, a moment synchronizujący przy 0,95% obrotów synchronicznych powinien wynosić 1,2 momentu nominalnego silnika synchronicznego.

Moment, przy którym silnik synchroniczny wypada z synchronizmu powinien wynosić 1,75 momentu nominalnego silnika synchronicznego przewidzianego do napędu wentylatora osiowego typu WOK.

Silnik powinien mieć współczynnik mocy $\cos\varphi = 0,8$ - pojemnościowy.

W tablicy Nr 4 podano dane techniczne wentylatorów osiowych.

1.5. Dane techniczne wentylatorów osiowych

Tablica 4

Dane techniczne	Jednostka	WOK-2jc	WOK-4j	WOK-4dU-B	WOK-7dU	WOK-8Pz
Wydajność nominalna	m^3/min	2000	4000	4000	8200	9000
Depresja nominalna	mm H_2O	90	100	180	300	220
Obroty synchroniczne	1/min	1000	750	500	500	375
Średnica zewnętrzna tarczy	mm	940	1680	1724	1800	1985
Średnica zewnętrzna wirnika	mm	1600	2500	2500	2700	3208
Prędkość obwodowa łopatek wirnikowych	m/sek	80,5	94,5	67	72	63
Liczba łopatek wirnika	szt.	12	16	19	19	12
Liczba łopatek kierownicy	szt.	16	20	20	20	17
Układ łopatkowy	x/	W-K	W-K	K-W	K-W	K-W
GD^2 wentylatora	kGm^2	150	1268	3000	20000	30326
Moc silnika napędowego	kW/kVA	60kW	160kW	250kW	800kVA	800kVA
Ciężar wentylatora	ton	3,7	9,4	10	23	26
Ułożyskowanie		toczne				ślizgowe

x/ W - wirnik, K - kierownica

Wzbudnica powinna być sprzężona z silnikiem synchronicznym napędowym za pomocą sprzęgła, a nie paskami klinowymi i nie powinna stanowić oddzielnego agregatu wzbudzającego.
W zamówieniu na dostawę silników elektrycznych przewidzianych do napędu wentylatorów osiowych typu WOK, należy wyraźnie podkreślić, że silnik ma być przystosowany do pracy dwukierunkowej.

1.6. Wentylator osiowy WOK-2jc rys. zestawczy W64-36b

1.6.1. Oznaczenie urządzenia

Symbol WOK-2jc oznacza [W] entylator [O] siowy [K] opalniany, [j] ednostopniowy, wydajności nominalnej [2]000 [m^3/min] wykonanie [c].

1.6.2. Zastosowanie

Wentylator WOK-2jc jest przeznaczony do głównego przewietrzania kopalń. Zabudowany na powierzchni ziemi jest połączony z szybem wentylacyjnym /w sposób pokazany na rys. 15/ za pośrednictwem kanału, którym zasysa zużyte powietrze z kopalni i wyrzuca do atmosfery. Konstrukcja łożysk wałów napędowych pozwala na pracę wentylatora przy obu kierunkach obrotów.

1.6.3. Zakres pracy

Nominalne parametry pracy wentylatora przy stałej liczbie obrotów n = 1000 [^{1}/min] wynoszą:

wydajność: Q = 2000 [m^3/min]
depresja: Δp = 80 [mm H_2O]

Nominalne parametry pracy mogą być regulowane przy stałej liczbie obrotów, przez zmianę kąta ustawienia łopatek wirnika w granicach:

wydajność: Q = od 1500 [m^3/min] do 3500 [m^3/min]
depresja: od 60 mm do 110 [mm H_2O]

Dokładne wartości parametrów pracy pokazano na załączonej charakterystyce wentylatora WOK-2jc wykonanej w jednej z kopalń, w której jest zabudowany wentylator WOK-2jc /rys. 16/. Wykres mocy wentylatora pokazano na rys. 17.
Wentylator WOK-2j składa się z następujących głównych zespołów:

a/ Napędu z zespołem wirującym, rys. 18, 19, 20 i 21
b/ Obudowy

1.6.4. Napęd

Silnik elektryczny asynchroniczny o liczbie obrotów n = 960 [1/min] napędza wał główny z wirnikiem za pośrednictwem dwóch wałów napędowych. Wały są ze sobą połączone sprzęgłami.
Wał główny jest podparty w dwóch łożyskach tocznych, które przenoszą siłę osiową i promieniową. Pozostałe dwa wały napędowe spoczywają na czterech łożyskach tocznych, które zabezpieczają wały przed przesunięciem osiowym i przenoszą obciążenie promieniowe.
Kadłuby wszystkich łożysk są dzielone w płaszczyźnie poziomej i wyposażone w wyrzutniki, które usuwają nadmiar smaru z kadłubów łożysk do blaszanych zbiorników. Zasilanie łożysk smarem odbywa się za pomocą smarownic kapturowych wkręcanych bezpośrednio w kadłuby łożysk.
Na wale głównym jest osadzony na wcisk wirnik i ustalony dwoma nakrętkami. Tarcza wirnika, konstrukcji spawanej, jest znitowana z piastą. Na obwodzie tarczy wirnika jest osadzonych 12 lub 6 odlewanych łopatek wirnikowych. Trzpienie łopatek, prowadzone w tulejach przyspawanych do tarczy, są umocowane za pomocą specjalnych dwudzielnych zamków. Oddzielne elementy zamka są skręcone śrubami przechodzącymi przez otwory w środku tarczy. Nakrętki koronowe tych śrub są zabezpieczone zawleczkami.
Konstrukcja zamocowania łopatek pozwala na zmianę kąta ustawienia łopatek wirnikowych co $7,5^{0}$.

1.6.5. Obudowa

Osłonę zespołu łopatkowego tworzą następujące człony: osłona przednia, pierścień wlotowy, człon przedni, człon środkowy i człon kierowniczy.
Płaszcze zewnętrzne i wewnętrzne członów są połączone na stałe żebrami blaszanymi, przy czym człon przedni ma żebra proste, a człon kierowniczy, za wirnikiem, ma kierownice.
W przednim i kierowniczym członie są zabudowane stojaki, na których spoczywają łożyska. Stopy stojaków są przykręcone do wspólnej ramy za pomocą śrub fundamentowych.
Człon środkowy, w kształcie pierścienia, stanowi osłonę wirujących łopatek.
Płaszcz zewnętrzny członu przedniego jest połączony z betonową zwężką wlotową za pomocą niedzielonego pierścienia wlotowego, który jest zabetonowany w kanale.

Od strony wlotu powietrza osłona wewnętrzna członu przedniego jest przykryta osłoną przednią w postaci czaszy półkulistej. Czasza ta jest przykręcona połączeniem kołnierzowym i wyposażona we właz umożliwiający dostęp do tarczy wirnika i łożyska przedniego.

Dyfuzor poziomy składa się z dzielonych w płaszczyźnie poziomej płaszczy: zewnętrznego i wewnętrznego. Oba płaszcze mają kształt stożków ściętych, rozwartych w kierunku wylotu powietrza i są połączone ze sobą śrubami.

Płaszcz zewnętrzny jest połączony kołnierzem z obudową, na której znajdują się łopatki kierownicze, a z kolanem wylotowym dyfuzora za pomocą pierścienia wylotowego. Pierścień wylotowy, niedzielony, jest zabetonowany w kolanie. Płaszcz wewnętrzny jest skręcony za pomocą kołnierza z członem kierowniczym. W dyfuzorze jest zabudowany stojak łożyska wału napędowego. Stojak opiera się na ramie fundamentowej konstrukcji spawanej.

Charakterystyki ruchowe wentylatorów są wykonywane po zainstalowaniu ich w kopalni. Na rys. 22 jest podana charakterystyka wentylatora pracującego ze zmniejszoną do połowy liczbą łopatek wirnikowych /z = 6/. Zapotrzebowanie mocy jest pokazane na rys. 23.

1.6.6. Smarowanie okresowe

Czas po jakim należy smar wymienić nazywa się okresem smarowania. Okres smarowania łożysk wału głównego wentylatora wynosi około 1600 godzin, co przy ciągłej pracy /24 godzin na dobę/ odpowiada około dwóm miesiącom.

Okres smarowania łożysk wałów napędowych, przy ciągłej pracy 24 godzin na dobę, należy określić na około 4 miesiące.

1.7. Wentylator osiowy WOK-4j

1.7.1. Oznaczenie urządzenia:

Symbol WOK-4j oznacza Wentylator Osiowy Kopalniany, wydajności nominalnej: 4000 [m^3/min] jednostopniowy. Nr rys. 24.

1.7.2. Zastosowanie

Wentylator WOK-4j jest przeznaczony do głównego przewietrzania kopalń. Zabudowany na powierzchni ziemi jest połączony od strony ssącej z szybem wentylacyjnym za pośrednictwem kanału, którym zasysa zużyte powietrze z kopalni i wyrzuca w atmosferę.

Konstrukcja łożysk wałów napędowych pozwala na trwałą pracę wentylatora w obu kierunkach obrotów. Sposób zabudowania wentylatora pokazano na rys. 25.

1.7.3. Zakres pracy

Nominalne parametry pracy wentylatora przy stałej liczbie obrotów n = 750 [1/min] wynoszą:

wydajność: Q = 4000 [m^3/min]
depresja: Δp = 130 [mm H_2O]

Nominalne parametry pracy mogą być regulowane przy stałej liczbie obrotów przez zmianę kąta ustawienia łopatek wirnikowych w granicach: wydajność Q = od 2500 do 4500 [m^3/min] przy depresjach: Δp = od 70 do 130 [mm H_2O].
Charakterystyki wentylatora pokazano na rys. 26 i 27.

1.7.4. Opis części mechanicznej, rys. 24

Wentylator WOK-4j składa się z następujących głównych zespołów:

a/ Napędu z zespołem wirującym rys. 28
b/ Obudowy

1.7.5. Napęd

Silnik elektryczny napędza wirnik za pośrednictwem dwóch wałów napędowych i wału głównego. Wały są połączone między sobą i z silnikiem trzema sprzęgłami. Wał główny jest podparty na dwóch łożyskach tocznych:

a/ patrząc od strony wlotu powietrza - łożysko promieniowo-osiowe, które przenosi siłę osiową i promieniową.
b/ łożysko promieniowe, które przenosi obciążenie promieniowe.

Dwa wały napędowe spoczywające na 4 łożyskach tocznych są dzięki nim ustalone i zabezpieczone przed przesunięciem osiowym. Kadłuby wszystkich łożysk są dzielone w płaszczyźnie poziomej oraz wyposażone w wyrzutniki smaru, które usuwają nadmiar smaru z kadłubów do blaszanych zbiorników.
Zasilanie smarem łożysk odbywa się za pomocą smarownic kapturowych umieszczonych, dla łożysk wału głównego, na zewnątrz wentylatora i połączonych z łożyskami za pomocą przewodów smarowych, przy pozostałych zaś łożyskach-bezpośrednio na kadłubach. Na wale głównym jest osadzony na wpuście wirnik ustalony nakrętkami.

Tarcza wirnika konstrukcji spawanej jest za pomocą nitów złączona z piastą. Na obwodzie tarczy jest osadzonych 16 blaszanych łopatek wirnikowych. Pobocznice łopatek wirnikowych są wykonane z blachy i przynitowane do trzpienia. Trzpienie łopatek, prowadzone w tulejach przyspawanych do tarczy są umocowane za pomocą dwudzielnych zamków skręconych śrubami przechodzącymi przez otwory w środku tarczy. Nakrętki koronowe tych śrub są zabezpieczone zawleczkami. Przeciw obrotowi łopatki dookoła swej osi zapobiega wkręt umieszczony w górnej części zamka, który wchodzi w jedno z kilku nawierceń trzpienia. Konstrukcja zamocowania łopatki pozwala na zmianę kąta ustawienia łopatek co $7,5^{o}$.

1.7.6. Obudowa

Osłonę aparatu łopatkowego tworzą następujące człony:
Osłona przednia, pierścień wlotowy, człon przedni, pierścień pośredni i człon kierowniczy.
Płaszcze zewnętrzne i wewnętrzne członów są połączone ze sobą na stałe żebrami blaszanymi, przy czym człon przedni ma żebra proste, w członie zaś kierowniczym rolę żeber spełniają łopatki kierownicze.
W dolnych częściach członów, przednim i kierowniczym, są ustawione stojaki, na których spoczywają łożyska wału głównego. Stojaki zespawane z płaszczami członów tworzą z nimi sztywną całość. Stopy stojaków są przykręcone do wspólnej ramy za pomocą śrub. Ramiona stojaków wspierają się na bocznych słupach fundamentu. Pierścień wlotowy jest osadzony w kanale betonowym i uszczelniony pasem parcianym. Osłona przednia w kształcie czaszy przykrywa od strony napływu powietrza przestrzeń wewnętrzną wentylatora i jest wyposażona we właz umożliwiający dostęp do łożysk i tarczy wirnika. Dyfuzor składa się z dzielonych w płaszczyźnie poziomej płaszczy: zewnętrznego i wewnętrznego.
Płaszcz zewnętrzny dyfuzora wspiera się dwiema łapami bocznymi na słupach betonowych fundamentu.
Oba płaszcze, wykonane w kształcie stożków ściętych, rozwartych w kierunku wylotu powietrza, są połączone ze sobą śrubami.
Dyfuzor jest połączony z kolanem wylotowym za pomocą niedzielonego pierścienia wylotowego osadzonego w kolanie i uszczelnionego pasem parcianym. W dyfuzorze jest zabudowany stojak łożyska

wału napędowego. Rama fundamentowa, konstrukcji spawanej, jest wspólna dla wszystkich stojaków, na których są ustawione łożyska. Charakterystyki ruchowe wentylatorów są wykonywane po zainstalowaniu ich na kopalni. Jedną z takich charakterystyk, pokazaną na rys. 26 i 27 można traktować jako orientacyjną. Ujmuje ona zależność depresji i wydajności przy różnych kątach ustawienia łopatek wirnikowych, i różnych otworach równoznacznych. Charakterystyka ta obrazuje zakres pracy wentylatora oraz podaje orientacyjne dane dotyczące sprawności wentylatora oraz zapotrzebowanie mocy.

Wentylator WOK-4j jest przystosowany do pracy ssącej, lecz w wyjątkowych przypadkach może pracować przez zmianę kierunku obrotów silnika napędowego jako tłoczący /po uprzednim uzgodnieniu z dostawcą silnika napędowego, czy silnik przystosowany jest do pracy dwukierunkowej/.

Parametry pracy wynoszą wtedy:

wydajność $Q = 1850$ $[m^3/min]$

depresja: $\Delta p = 28$ $[mm\ H_2O]$

1.7.7. Uzupełnienie smaru

Smar uzupełnia się w łożyskach przez kilkakrotne dokręcenie pokrywy smarownicy kapturowej. Okres uzupełnienia oraz ilość smaru należy ustalić doświadczalnie, pamiętając, że nadmiar smaru może spowodować podwyższenie temperatury i awarię łożyska. Po uzupełnieniu łożyska smarem należy sprawdzić czy temperatura oprawy łożyska po 5 - godzinnej pracy ustaliła się na poziomie dopuszczalnym.

1.7.8. Smarowanie okresowe

Czas, po którym należy smar wymienić, nazywa się okresem smarowania. Okres smarowania łożysk wału głównego wentylatora wynosi około 1600 godzin, czyli przy ciągłej pracy /24 godziny na dobę/ około dwóch miesięcy. Okres smarowania łożysk wałów napędowych przy ciągłej pracy /24 godziny na dobę/ należy określić na około 4 miesiące.

1.8. Wentylator osiowy WOK-4dU-B rys. zestawczy wentylatora C-I-0610c

1.8.1. Oznaczenie urządzenia

Symbol WOK-4dU-B oznacza: [W]entylator [O]siowy [K]opalniany [d]wustopniowy [U] sprawniony, wydajności nominalnej [4] 000 [m^3/min], wykonanie [B]. Rys. Nr 29.

1.8.2. Zastosowanie

Wentylator WOK-4dU-B jest przeznaczony do głównego przewietrzania kopalń. Zabudowany na powierzchni ziemi jest połączony od strony ssącej z szybem wentylacyjnym za pośrednictwem kanału, którym zasysa zużyte powietrze z kopalni i wyrzuca w atmosferę. Konstrukcja łożysk wałów napędowych pozwala na trwałą pracę wentylatora w obu kierunkach obrotów. Sposób zabudowania wentylatora pokazano na rys. 30.

1.8.3. Zakres pracy

Nominalne parametry pracy wentylatora przy stałej liczbie obrotów n = 500 [1/min] wynoszą:
wydajność: Q = 4000 [m^3/min]
depresja: Δp = 186 [mm H_2O]
Nominalne parametry pracy mogą być regulowane przy stałej liczbie obrotów przez zmianę kąta ustawienia łopatek wirnikowych i kierowniczych; uzyskuje się wówczas wydajność: Q = 2000 do 5500 [m^3/min], przy depresjach Δp = 90 mm do 220 [mm H_2O]. Rys. 35, 36, 37.

1.8.4. Opis części mechanicznej

Wentylator WOK-4dU-B składa się z następujących głównych zespołów:

a/ napędu wraz z zespołem wirującym Rys. 31, 32, 33, i 34
b/ obudowy.

1.8.5. Napęd

Silnik elektryczny napędza wirnik za pośrednictwem wału napędowego i wału głównego. Wały te są połączone między sobą dwoma sprzęgłami elastycznymi. Silnik elektryczny jest usytuowany z przodu, a więc od strony kanału wlotowego.
Wał główny jest podparty na dwóch łożyskach baryłkowych.

a/ pierwsze od strony wlotu łożysko przenosi tylko obciążenie promieniowe,
b/ drugie łożysko przenosi siłę promieniową i osiową.

Oba łożyska znajdują się we wspólnym kadłubie z rozdzielaczem smaru, umożliwiającym dopływ smaru oddzielnie do każdego łożyska, rys. 33. Wał napędowy spoczywa również na łożyskach baryłkowych. Jedno z łożysk jest ustalone i zabezpiecza wał przed działaniem siły osiowej rys. 34.

Kadłuby wszystkich łożysk są żeliwne, dzielone w płaszczyźnie poziomej i wyposażone w wyrzutniki smaru, które usuwają jego nadmiar z kadłubów do blaszanych zbiorników.

Smarowanie wszystkich łożysk odbywa się za pomocą smarownic kapturowych umieszczonych na zewnątrz obudowy wentylatora.

W kadłubie każdego łożyska jest przewidziane wytoczenie dla zabudowania czujników kontrolujących pracę łożysk. Każdorazowe podwyższenie temperatury łożysk jest sygnalizowane optycznie i akustycznie, a po przekroczeniu temperatury 60°C następuje odłączenie napędu elektrycznego wentylatora.

Na wale głównym wirnika są osadzone staliwne dwie tarcze wirnikowe. Na obwodzie każdej tarczy są osadzone odlewane łopatki wirnikowe w liczbie 20 sztuk. Konstrukcja zamocowania łopatek pozwala na ustawienie ich pod 10 różnymi kątami, ze stopniowaniem co 4°. Łopatki są umocowane do tarczy za pomocą specjalnych nakrętek zabezpieczonych odginanymi podkładkami. Podkładka zębata zapobiega obrotowi łopatki dookoła swej osi i służy jednocześnie do skokowej regulacji kąta ustawienia łopatek.

Obudowę wentylatora zaprojektowano zwracając specjalną uwagę na jej sztywność i mocne związanie z fundamentem dla uniknięcia drgań mechanicznych. W osłonie wewnętrznej, na płycie mocno użebrowanej są ustawione dwa kadłuby łożysk napędu. Całość ustawiona jest w osłonie zewnętrznej za pomocą żeber profilowanych. Człon kierowniczy konstrukcji spawanej spoczywa dwoma łapami na fundamencie. Konstrukcja łopatek kierowniczych pozwala na zmianę kąta ustawieni łopatek w czasie postoju wentylatora.

Człon łożyskowy jest również konstrukcji spawanej. Na płycie osłony wewnętrznej ustawionej na żebrach profilowanych znajduje się kadłub łożyska osiowo-promieniowego.

Dyfuzor jest ukształtowany w postaci dwóch stożków, rozwartego i zbieżnego, o kącie pochylenia tworzącej 4°.

Ze względów wykonawczych dyfuzor został podzielony na człon przedni i człon tylny o równej długości, każdy człon jest wsparty na fundamencie na dwóch łapach bocznych. Z tyłu dyfuzora

znajduje się pokrywa, która służy jako właz do łożyska osiowo-promieniowego i do zamocowania łopatek w drugiej tarczy wirnikowej.

Charakterystyki ruchowe wentylatorów są wykonywane po zainstalowaniu ich w kopalni. Ujmują one zależność depresji i wydajności przy różnych kątach ustawienia łopatek kierowniczych i różnych otworach równoznacznych. Wentylator WOK-4dU-B jest przystosowany do pracy ssącej, wyjątkowo może jednak pracować w układzie tłoczącym, przez zmianę kierunku obrotów silnika napędowego, po uprzednim uzgodnieniu z dostawcą silnika napędowego, czy silnik jest przystosowany do pracy dwukierunkowej.

Parametry pracy wynoszą wtedy:

wydajność: $Q = 1250$ $[m^3/min]$

depresja: $\Delta p = 26$ $[mm\ H_2O]$

1.8.6. Uzupełnianie smaru

Smar w łożyskach uzupełnia się przez kilkakrotne dokręcenie pokrywy smarownicy kapturowej. Okres uzupełniania oraz ilość smaru należy ustalić doświadczalnie bądź posługując się instrukcją Cebilozu. Należy pamiętać, że nadmiar smaru może spowodować podwyższenie temperatury i uszkodzenie łożyska.

Po uzupełnieniu łożyska smarem należy sprawdzić, czy temperatura opraw łożyskowych po 4 - godzinnej pracy ustaliła się na poziomie dopuszczalnym.

1.8.7. Smarowanie okresowe

Ponieważ smar po pewnym czasie traci swe właściwości smarowe, należy okresowo całkowicie wymienić smar. Okres smarowania łożysk wału głównego wentylatora wynosi około 1600 godzin, co przy ciągłej pracy /24 godzin na dobę/ odpowiada około dwóm miesiącom.

Okres smarowania łożysk wału napędowego przy ciągłej pracy /24 godzin na dobę/ należy określić na około 3 miesiące.

1.9. Wentylator osiowy WOK-7dU.

1.9.1. Oznaczenie urządzenia

Symbol WOK-7dU oznacza [W]entylator [O]siowy [K]opalniany [d]wustopniowy, [U]sprawniony. Nr rys. 38.

1.9.2. Zastosowanie

Wentylator WOK-7dU jest przeznaczony do głównego przewietrzania kopalń. Zabudowany na powierzchni ziemi jest połączony od strony ssącej z szybem wentylacyjnym za pośrednictwem kanału, którym zasysa zużyte powietrze z kopalni i wyrzuca w atmosferę. Konstrukcja łożysk wałów napędowych pozwala na trwałą pracę wentylatora w obu kierunkach obrotów. Sposób zabudowania wentylatora pokazano na rys. 39.

1.9.3. Zakres pracy

Nominalne parametry pracy wentylatora przy stałej liczbie obrotów n = 500 [1/min] wynoszą:

wydajność: Q = 8250 [m^3/min]
depresja: Δp = 300 [mm H_2O]

Nominalne parametry pracy mogą być regulowane, przy stałej liczbie obrotów, przez zmianę kąta ustawienia łopatek wirnikowych.

wydajność: Q = 6400 [m^3/min] do 10000 [m^3/min]
depresja: Δp = 270 do 240 [mm H_2O]

Charakterystyki ruchowe wentylatorów są wykonywane po zabudowaniu wentylatora w kopalni. Charakterystykę podaną na rys. 40 należy traktować orientacyjnie. Ujmuje ona zależność depresji i wydajności przy różnych kątach ustawienia łopatek wirnikowych i różnych otworach równoznacznych.

Wentylator WOK-7dU jest przystosowany do pracy ssącej, lecz w wyjątkowych wypadkach może pracować przez zmianę kierunku obrotów silnika napędowego jako tłoczący, po uprzednim uzgodnieniu z dostawcą silnika napędowego, czy silnik jest przystosowany do pracy dwukierunkowej.

Parametry pracy przy rewersji:

wydajność: Q = 1600 [m^3/min]
depresja: Δp = 25 [mm H_2O]

1.9.4. Opis części mechanicznej, rys. 38

Wentylator WOK-7dU składa się z następujących głównych zespołów:

a/ obudowy,
b/ wirników wraz z wałem rys. 41, 42, 43, 44,
c/ układu napędowego wraz z łożyskami i podporami,
d/ fundamentu rys. 39.

Obudowa wentylatora składa się z dwu członów kierowniczych połączonych ze sobą za pośrednictwem kołnierzy oraz zwężki wlotowej, czaszy wlotowej i dyfuzorów.
Człony kierownicze są dzielone w płaszczyźnie poziomej.
Obie części członów, górna i dolna, są skręcone śrubami za pośrednictwem kołnierzy. Człon kierowniczy składa się z płaszczy /wykonanych z blachy stalowej/: zewnętrznego i wewnętrznego, połączonych ze sobą łopatkami kierowniczymi. Łopatki kierownicze, odlane z siluminu, są przykręcone do obu płaszczy obudowy.
Część dolna członu kierowniczego ma boczne łapy przykręcone śrubami fundamentowymi do fundamentu.
Zwężka wlotowa jest wykonana z blachy stalowej i przykręcona do zewnętrznego płaszcza członu kierowniczego oraz płyty poprzecznej. Zwężka jest dzielona w płaszczyźnie poziomej i od strony betonu uszczelniona pierścieniem z gumy.
Dyfuzor został tak zaprojektowany, że dolna część wykonana jest z betonu, górna zaś z blachy stalowej przymocowanej do betonu.

Wirnik wentylatora

Wentylator ma dwa wirniki, z których każdy składa się z tarczy wirnikowej i osadzonych na niej 19 łopatek. Tarcze wirnikowe są wykonane ze staliwa, a łopatki wirnikowe z brązu. Nakrętki stalowe mocujące łopatki są zabezpieczone podkładami przed odkręceniem. Każda łopatka jest zakończona specjalną śrubą umożliwiającą zmianę kąta ustawienia łopatki w granicach $\pm 10^{o}$. Każdą łopatkę przestawia się oddzielnie.
Dla umożliwienia ustawienia łopatek pod żądanym kątem, do tarczy jest przykręcona podkładka z naciętą skalą /w łopatce nacięta jest rysa ustawcza/.

Wały i ułożyskowanie

Wał główny wentylatora oraz dwa wały napędowe są ułożyskowane na łożyskach baryłkowych. Wały wentylatora są połączone ze sobą i z wałem silnika sprzęgłami elastycznymi.
Wał główny, na którym są osadzone wirniki jest wykonany z pełnej stali, natomiast wały napędowe z rur, na których są osadzone i przyspawane czopy wałów napędowych.
Wszystkie łożyska mają wyrzutniki smaru oraz smarownice kapturowe, przy czym smarownice kapturowe łożysk wału głównego znajdują się zewnątrz obudowy i smar jest tłoczony przewodami ruro-

wymi. Smarownice łożysk wałów napędowych są umieszczone bezpośrednio w kadłubach łożysk.
Wszystkie łożyska powinny być zaopatrzone w czujniki kontroli temperatury łożysk.
Przednie łożysko wału głównego jest umieszczone na konstrukcji stalowej i na stojaku. Pozostałe łożyska spoczywają na odpowiednich płytach żeliwnych, bezpośrednio ustawionych na fundamencie betonowym. Ze względu na to, że reakcje łożysk nie są przenoszone przez obudowę wentylatora, obudowa jest lekka i prostej konstrukcji.

Fundament

Fundament składa się z kanału wlotowego, dyfuzora i kolana wylotowego wentylatora. Kanał wlotowy łączy szyb wentylacyjny z wentylatorem. Odcinek co najmniej 20 m przed wentylatorem powinien być prosty o przekroju kwadratowym, przechodzącym przed wentylatorem w przekrój kołowy, średnicy wewnętrznej 3600 mm. Kolano łączące odcinek prosty z szybem może mieć maksymalny kąt załamania 30^{o}. Jeżeli odcinek prosty kanału jest krótszy niż 20m, kolano musi być zaopatrzone w łopatki kierownicze. Zabudowany właz w kanale wlotowym umożliwia dojście do wentylatora od strony ssącej.
Dyfuzor stanowi ciąg dalszy obudowy wentylatora. Są to dwa stożki betonowe rozszerzające się w kierunku przepływu powietrza, przy czym stożek wewnętrzny jest podtrzymywany przez poziome i pionowe żebra betonowe. Żebro dolne jest stosunkowo grube, gdyż podtrzymuje jednocześnie łożyska wałów napędowych.
Wylot wewnętrznego stożka zamyka pokrywa. W szczeliny między kadłubem wentylatora a dyfuzorem oraz kanałem wlotowym są wciśnięte pierścienie uszczelniające.
Dyfuzor przechodzi w betonowe kolano wylotowe zaopatrzone w łopatki kierownicze, również betonowe. W najniżej położonym miejscu dyfuzora wylotowego znajduje się odwadnianie. Umieszczony w kolanie właz umożliwia dostanie się do wnętrza dyfuzora.

1.9.5. Okres smarowania czyli czas, po którym smar w łożyskach należy wymienić całkowicie lub częściowo, wynosi dla łożysk:

wału głównego - 3 tygodnie
wałów napędowych - 6 tygodni

przy założeniu, że wentylator pracuje 24 godzin na dobę. Podane okresy mogą być zmienione w górę /niewiele/ lub w dół. Ilość smaru przy okresowym uzupełnieniu należy określić praktycznie, wyrzutnik powinien wyrzucić wraz ze smarem starym pewną niewielką ilość smaru świeżego.

1.10. Wentylator osiowy WOK-8Pz

1.10.1. Oznaczenie urządzenia

Symbol WOK-8Pz oznacza [W]entylator [O]siowy [K]opalniany wydajności 11000 [m^3/min] [P]oziomy, rys. 45.

1.10.2. Zastosowanie

Wentylator WOK-8Pz jest przeznaczony do głównego przewietrzania kopalń. Zabudowany na powierzchni ziemi i połączony od strony ssącej z szybem wentylacyjnym za pośrednictwem kanału zasysa zużyte powietrze z kopalni i wyrzuca w atmosferę.
Sposób zabudowania wentylatora pokazano na rys. 46.

1.10.3. Zakres pracy

Nominalne parametry pracy wentylatora przy stałej liczbie obrotów n = 375 obr/min wynoszą:

wydajność Q = 11000 [m^3/min]
depresja Δp = 210 [mm H_2O]

przy czym obydwa parametry mogą być regulowane przez zmianę kąta ustawienia łopatek wirników w granicach:

wydajność Q = 6000 do 12000 [m^3/min]
depresja Δp = 170 do 160 [mm H_2O]

Charakterystyki ruchowe wentylatora są wykonywane po montażu wentylatora w kopalni. Jedną z takich charakterystyk pokazano na rys. 47.
Załączoną charakterystykę należy traktować orientacyjnie. Ujmuje ona zależność depresji i wydajność przy różnych kątach ustawienia łopatek wirnikowych i różnych otworach równoznacznych.
Wentylator WOK-8Pz jest przystosowany do pracy ssącej, lecz w wyjątkowych przypadkach może pracować przez zmianę kierunku obrotów silnika napędowego jako tłoczący. /Po uprzednim uzgodnieniu z dostawcą silnika napędowego, czy silnik przystosowany jest do pracy dwukierunkowej/.

Parametry pracy wtedy wynoszą:

wydajność $Q = 2460$ $[m^3/min]$
depresja $\Delta p = 10,5$ $[mm\ H_2O]$

1.10. Opis konstrukcji-rys. 45

Wentylator WOK-8Pz składa się z następujących głównych zespołów:

a/ napędu z wirnikami
b/ obudowy
c/ fundamentu

Napęd - rys. 48 i 49

Wentylator WOK-8Pz jest napędzany silnikiem synchronicznym o liczbie obrotów n = 375 1/min, umieszczonym poza kolanem wylotowym /tzw. napęd z tyłu/. Silnik za pośrednictwem dwu wałów pośrednich napędza wał główny. Wał silnika z wałem pośrednim oraz wał główny z wałem pośrednim łączą sprzęgła elastyczne. Wały pośrednie natomiast są złączone ze sobą sprzęgłem sztywnym.
Ułożyskowanie wałów jest stosunkowo proste w konstrukcji, łatwe w montażu, nie wymaga wyspecjalizowanej obsługi i zapewnia bezawaryjność pracy.
Pierwsze łożysko od strony wlotu powietrza, spoczywa w członie kierowniczym obudowy, trzy następne znajdujące się w obrębie wentylatora są zamontowane na smukłych staliwnych stojakach oprofilowanych aerodynamicznie w obszarze przepływu powietrza, ostatnie łożysko za kolanem wylotowym spoczywa na betonie.
Wszystkie łożyska wałów są ślizgowe, przy czym dwa łożyska wału głównego są typu Michella, w tym łożysko pierwsze /od strony wlotu powietrza/ przenosi siłę osiową przez dodatkowe ułożyskowanie dwukierunkowe systemu Michella. Trzy łożyska wałów pośrednich mają zwykłe panewki wylane metalem łożyskowym.
Wszystkie łożyska są smarowane smarem płynnym za pomocą pierścieni smarowych stałych przy łożyskach wału głównego i luźnych przy łożyskach pozostałych. Wszystkie łożyska są zaopatrzone w czujniki kontroli temperatury łożysk, które w sposób automatyczny sygnalizują podwyższenie temperatury łożysk.
Smar jest doprowadzany do łożysk przewodami ze zbiorników znajdujących się w pomieszczeniu obsługi. Obok zbiorników znajdują się olejowskazy wskazujące poziom oleju.

Zadaniem obsługi jest czuwać nad utrzymaniem właściwego poziomu oleju. Na wale głównym są osadzone stożkowo dwie staliwne tarcze wirnikowe z zamocowanymi łopatkami brązowymi na obwodzie /po 12 na każdej tarczy/. Dodatkowe urządzenie w miejscu zamocowania każdej łopatki umożliwia zmianę kąta ustawienia w określonych granicach. Staliwne wirniki oraz lane łopatki przez swoją dużą masę zapewniają małą wrażliwość na drgania, co przyczynia się do cichobieżności wentylatora.

Obudowa

Pierwszym od strony wlotu członem obudowy jest człon kierowniczy przylegający do betonowego kanału dolotowego.
W członie kierowniczym są umieszczone wieńcowo łopatki kierownicze. Od strony wlotu powietrza, człon ma półkulistą owiewkę zamykającą przestrzeń łożyskową wentylatora i zaopatrzoną we właz umożliwiający dostęp do łożyska wału głównego.
Człon kierowniczy od góry i od dołu ma w swym zewnętrznym płaszczu włazy umożliwiające dostęp do łopatek wirnikowych.
Poprzez cylindryczne części obudowy, człon kierowniczy łączy się z drugim analogicznym członem, który różni się tym, że nie jest jednocześnie oparciem dla łożyska. Za każdym wieńcem łopatek kierowniczych wiruje wieniec łopatek wirników.
Za drugim członem kierowniczym obudowa przechodzi w człon dyfuzorowy, przy czym dolna część zewnętrznego płaszcza jest już betonowa. Zewnętrzny płaszcz przechodzi z kształtu kołowego /przy członie kierowniczym/ w kształt prostokątny /przy kolanie wylotowym/. Wewnętrzna część tego członu o kształcie stożka okrywa łożyska wałów i ma właz umożliwiający dojście do łożyskowania oraz otwory wentylacyjne powodujące przepływ powietrza chłodzącego łożyska.
Wszystkie człony obudowy są dzielone w płaszczyźnie poziomej, co zapewnia łatwy montaż.

Fundament - rys. 46

Fundament stanowi nierozłączną część wentylatora, obejmuje on:
1/ kanał wlotowy łączący szyb z wentylatorem o przekroju kwadratowym przechodzącym przy wentylatorze w kształt kołowy,
2/ kolano wylotowe będące przedłużeniem części dyfuzorowej wentylatora. W kolanie są umieszczone łopatki kierownicze, w celu otrzymania prawidłowego przepływu powietrza w kolanie,

3/ dyfuzor pionowy ustawiony na kolanie wylotowym wykonany z betonu,

4/ ławę fundamentową, na której są zamontowane poszczególne człony i części wentylatora.

Wentylator WOK-8Pz w porównaniu z innymi wentylatorami cechuje prostota konstrukcji, technologii wykonania i montażu oraz ekonomiczność produkcji.

Jednocześnie konstrukcja taka gwarantuje dużą pewność ruchu i cichobieżność wentylatora.

1.10.5. Przemywanie układu olejowego wentylatora WOK-8Pz

Przed uruchomieniem wentylatora, w celu skontrolowania czystości i szczelności przewodów olejowych, należy po montażu przemyć układ smarowania. Istnieje szereg sposobów oczyszczania układów olejowych za pomocą przepompowania rozgrzanego oleju, przy czym można przepłukać układ smarowania z pominięciem łożysk. W tym celu przed każdym łożyskiem należy wstawić zaślepkę oraz dołączyć na czas przepompowywania rurociąg obejściowy. Pozwala to na przemycie rurociągów olejowych z większą prędkością przepływu oleju i spłukania wszystkich znajdujących się w przewodzie zanieczyszczeń jak: piasek, zgorzelina, wióry itp.

Przemywanie powinno trwać około dwóch godzin.

Można również stosować przemywania z ustawieniem siatek przed łożyskami. Siatki należy ustawić przed każdym łożyskiem na poziomym odcinku rurociągu olejowego /możliwie blisko łożyska/ w miejscu dogodnym dla dokręcenia i odkręcania złączek oraz dla usunięcia oleju wyciekającego przy wyjmowaniu siatek, w celu ich oczyszczenia. Siatka powinna mieć 100 do 200 oczek na cm^2. Siatkę umieszcza się między dwiema podkładkami z preszpanu nasmarowanymi lakierem szelakowym i zszywa się je miedzianym cienkim drutem.

Przepompowanie oleju wykonuje się za pomocą pompy olejowej.

Na początku przepompowania należy zanotować ciśnienie oleju.

Wzrost ciśnienia oleju wskazuje na zanieczyszczenie siatek. Należy wtedy pompę zatrzymać, wyjąć siatki, i po oczyszczeniu ponownie założyć.

W początkowym okresie przepompowania zachodzi potrzeba częstszego oczyszczania siatek.

Przepompowanie oleju można zakończyć wcześniej niż po dwóch godzinach, jeśli na siatkach nie będzie osadu. Po ostatnim wyjęciu siatek /po ukończeniu przepompowania/ należy sprawdzić czy nie pozo-

stały twarde cząsteczki w przewodzie, w którym była założona siatka. Łożyska należy dokładnie przemyć olejem wrzecionowym, a następnie wysuszyć powietrzem sprężonym. Również można stosować przepompowanie oleju przez łożyska bez siatek, jeśli po tym następuje przegląd i oczyszczenie czopów segmentów nośnych i oporowych łożysk Michella oraz panewek łożysk wałów pośrednich. Należy również przedmuchać powietrzem sprężonym przewody rurowe wyrównujące ciśnienie koło łożysk w zbiorniku olejowym.

1.10.6. Smarowanie łożysk ślizgowych wentylatora

W czasie pracy łożysk wywiązuje się ciepło, łożysko się nagrzewa, powodując wzrost temperatury oleju. W normalnych warunkach pracy następuje równowaga ciepła wywiązującego się i odprowadzanego. Łożysko osiąga w takich przypadkach temperaturę utrzymującą się w granicach od 35 do 50°C /do 20° powyżej temperatury otoczenia/. Temperatura przekraczająca 60°C jest uważana za niebezpieczną, gdyż może doprowadzić do awarii łożyska. Wraz ze wzrostem temperatury lepkość oleju maleje, warstewka oleju robi się cieńsza, miejscami następuje tarcie półsuche, a nawet suche, co powoduje dalszy wzrost temperatury prowadzący do zatarcia lub wytopienia się panewek.
Wentylator WOK-8Pz, wykonany wg dokumentacji technicznej ZKMPW G64-7-I ma cztery łożyska ślizgowe, a wykonany wg dokumentacji technicznej G64-7 - pięć łożysk ślizgowych.
Łożyska wału głównego są smarowane olejem za pomocą pierścieni smarowych stałych, a pozostałe łożyska olejem za pomocą pierścieni smarowych luźno osadzonych na wale.
Konstrukcja układu smarowania wentylatora WOK-8Pz umożliwia obserwację poziomu oleju w poszczególnych łożyskach ze stanowiska maszynisty oraz uzupełnianie poziomu oleju zarówno w czasie ruchu jak i postoju wentylatora. Zbiorniki olejowe, z których jest doprowadzany olej do poszczególnych łożysk, znajdują się w szafie zabudowanej w pomieszczeniu napędu elektrycznego wentylatora, na wysokości gwarantującej właściwy dopływ oleju do poszczególnych łożysk.
Orientacyjna ilość oleju konieczna do napełnienia całego układu smarowania wynosi 60 litrów.
W okresie letnim łożyska należy smarować olejem maszynowym Olmasz-4 wg PN-55/C96071, lepkości 3,5 do 4,5°E przy temperaturze 50°C.

W okresie zimowym należy stosować olej maszynowy Olmasz Z3 PN-54/C-96091, lepkość 3-4°E, temperatura krzepnięcia nie wyżej - 15°C.

1.10.7. Opis schematu smarowania-rys. 50

W czasie pracy wentylatora łożysko /poz. 1/ może być zasilane olejem ze zbiornika /poz. 2/, przy stale otwartych kurkach /poz. 9 i 10/. Po otwarciu kurka /poz. 8/ olej przepływa ze zbiornika, przewodem rurowym /poz. 5 i 4/ do łożyska. Wzrost poziomu oleju w łożysku obserwuje się w tym czasie na olejowskazie /poz. 7/. Rączka kurka /poz. 8/ w czasie pracy wentylatora jest ustawiona w pozycji pionowej, przedstawionej na rysunku linią ciągłą, a olejowskaz wskazuje poziomu oleju w łożysku. Należy zaznaczyć, że zbiornik /poz. 2/ podczas pracy wentylatora jest normalnie odcięty od łożyska. Zbiornik ten bowiem służy tylko do uzupełniania oleju w łożysku przez otwarcie kurka /poz. 8/. Rączka kurka jest wówczas w położeniu poziomym przedstawionym na rysunku linią kreskowaną. W czasie ruchu wentylatora zawory /poz. 9 i 10/ muszą być otwarte, natomiast kurek /poz. 8/ powinien być zamknięty. Zbiornik /poz. 2/ jest wówczas odcięty od łożyska /poz. 1/ i olejowskazu. Po uzupełnieniu oleju w łożyskach poziom oleju powinien być widoczny na olejowskazach /poz. 7/ między dolną a górną kreską oznaczającą minimalny i maksymalny poziom oleju w łożyskach. Olej w pozostałych łożyskach uzupełnia się w sposób identyczny. Utrzymywanie oleju powyżej górnej kreski na olejowskazie jest, zwłaszcza w okresie zimowym, niedozwolone. Zachodzi bowiem obawa, że luźno osadzone pierścienie smarowe mogą się nie obracać. Utrzymywanie poziomu oleju poniżej dolnej kreski jest również niedopuszczalne i może spowodować zatarcie łożysk.
W przypadku nagłego obniżenia poziomu oleju w olejowskazie należy zwrócić uwagę na wskazania kontrolii temperatury łożysk i o fakcie tym powiadomić dozór techniczny. Należy stwierdzić czy nie jest uszkodzony przewód doprowadzający olej, umieszczony w przepływie powietrza w wentylatorze oraz czy kurki są dostatecznie dokręcone. W przypadku wzrostu temperatury w łożysku /powyżej dopuszczalnej/, należy wentylator wyłączyć, zgodnie z obowiązującymi przepisami Wyższego Urzędu Górniczego.

Zbiornik /poz. 2/ można uzupełniać olejem, zarówno w czasie ruchu jak i przy zatrzymanym wentylatorze, po stwierdzeniu obniżenia się poziomu w zbiorniku. Poziom oleju w zbiorniku można mierzyć wskaźnikiem poziomu oleju w pokrywie /poz. 12/. W celu uzupełnienia oleju, należy ze zbiornika zdjąć pokrywę.
Kurek /poz. 8/ powinien być w tym czasie zamknięty. Przy napełnianiu zbiornika w czasie ruchu wentylatora należy uważać, by olej nie dostał się do rurociągu /poz. 3/ służącego do wyrównywania ciśnień. Pozostałe zbiorniki uzupełnia się olejem w sposób podobny.
Wymiana oleju w dowolnym łożysku może nastąpić tylko w czasie postoju wentylatora, po spuszczeniu z łożyska oleju zużytego. Spuszczenie oleju następuje po zamknięciu kurka /poz. 10/ i wykręceniu kurka spustowego umieszczonego w dolnej części łożyska. Po spuszczeniu oleju z łożyska należy z powrotem wkręcić korek spustowy, a następnie otworzyć kurek /poz. 10/.
Olej napływa ze zbiornika /poz. 2/ do łożyska /poz. 1/ rurą /poz. 4/, po otwarciu kurka /poz. 8/. Wzrost poziomu oleju w łożysku obserwuje się na olejowskazie /poz. 7/.
Z chwilą osiągnięcia maksymalnego poziomu oleju, kurek /poz. 8/ należy zamknąć. W pozostałych łożyskach wymiana oleju odbywa się w sposób identyczny.

1.10.8. Wymagania dotyczące sprawnego działania smarowania pierścieniowego

1. Pierścień smarujący powinien mieć kształt dokładnego koła.
2. Pokrywy łożysk należy zawsze zamykać, aby chronić łożyska przed zanieczyszczeniem z zewnątrz.
3. Przestrzegać aby w łożysku był utrzymany odpowiedni poziom oleju.
4. Podczas ruchu regularnie sprawdzać czy pierścień obraca się i podaje olej na wał.
5. Regularnie sprawdzać temperaturę łożysk. Za górną temperaturę pracy łożyska przyjmuje się $60^{o}C$. Nawet w niekorzystnych warunkach pracy różnica temperatury łożyska i otoczenia nie powinna przekroczyć $30^{o}C$.
6. Raz na 3 miesiące, a w warunkach niekorzystnych /pył, wysoka temperatura/ raz na miesiąc, przeprowadzać wymianę oleju. Obowiązkowo należy wymienić olej przed zimą i na wiosnę.

7. Raz na miesiąc sprawdzać wzrokowo czy olej nadaje się do dalszego użytku /czy nie zawiera wody, nie jest mętny lub nie zawiera osadu/.
8. Przy wymianie oleju łożysko należy dokładnie oczyścić. Do mycia łożyska używać nafty antykor. Rury olejowe dokładnie przepłukać olejem wrzecionowym podgrzanym do 70-80°C i dopiero po tym nalać oleju właściwego.
9. Dbać o czystość łożysk, sprawdzać ich szczelność. Pod łożyskami, jeśli to możliwe, umieścić podstawki blaszane do chwytania ewentualnych ścieków oleju.
10. Przy montażu łożysk należy posmarować powierzchnię panewek i czopów właściwym olejem oraz dopilnować, aby pierścienie smarujące nie uległy uszkodzeniu.
11. Poziom oleju w łożysku powinien być taki, aby kąt zanurzenia pierścienia w oleju był zawarty między 90 a 60°.
Większe zanurzenie zmniejsza podaż oleju do panewki.

Smarowanie łożysk silnika synchronicznego oraz łożysk wolnostojącego zespołu wzbudzającego należy przeprowadzać wg obowiązującej instrukcji obsługi silników elektrycznych dostarczonych przez dostawców części elektrycznej.

2. Wentylatory promieniowe

2.1. Wiadomości ogólne

Wentylatory promieniowe, podobnie jak osiowe pracują na tej zasadzie, że siły pochodzące od wirujących łopatek wywołują przyrosty ciśnienia czynnika przepływającego.
W porównaniu z wentylatorami osiowymi, wentylatory promieniowe pozwalają na uzyskanie większych spiętrzeń ciśnienia, przy stosunkowo mniejszych wydajnościach. W wentylatorze promieniowym powietrze płynie zasadniczo w kierunku promieniowym przez łopatkowe wieńce wirnikowe. Na wirniku zachodzi przekazywanie energii czynnikowi przepływającemu.
Teoretyczna wartość spiętrzenia ciśnienia w wentylatorach promieniowych wynosi:

$$\Delta P = \varrho (U_2 C_{2u} - U_1 C_{1u})$$

gdzie:

ϱ - gęstość powietrza, $\left[\frac{kG\ sek^2}{m4}\right]$

U_2 - prędkość obwodowa łopatek wirujących w punkcie wylotu z wieńca, [m/sek]

U_1 - prędkość obwodowa łopatek wirujących w punkcie napływu na wieniec, [m/sek]

C_{2u} - składowa obwodowa prędkości bezwzględnej powietrza w punkcie wylotu z wieńca, [m/sek]

C_{1u} - składowa obwodowa prędkości bezwzględnej powietrza w punkcie napływu na wieniec, [m/sek]

Do głównego przewietrzania kopalń, obok wentylatorów osiowych, stosowane są wentylatory promieniowe typu WPR, produkowane przez Zabrzańską Fabrykę Maszyn Górniczych.

Typoszereg górniczych wentylatorów promieniowych WPR tworzą trzy wielkości:

1. WPR - 180/1,8
2. WPR - 200/1,8
3. WPR - 220/1,8

Typoszereg wentylatorów WPR pokrywa zakres wydajności od 2200 $[m^3/min]$ do 15000 $[m^3/min]$, zakres depresji do 600 $[mmH_2O]$ i odpowiedni zakres otworów równoważnych 1 do 12 m^2.

W skład kopalnianej stacji wentylacyjnej powinny w zasadzie wchodzić dwa jednakowe wentylatory. Jeden dla pracy głównej, drugi jako rezerwowy, uruchamiany w przypadku naprawy i przeglądu bądź awarii wentylatora głównego.

2.2. Opis techniczny

1. Oznaczenie

WPR - oznacza [W]entylator [P]romieniowy

180, 200, 220 - średnice wlotowe wirników w cm.

1,8 - stosunek średnicy wylotowej D_2 do średnicy wlotowej D_1 wirnika wentylatora.

2.3. Parametry pracy wentylatorów WPR/1,8 w zakresie sprawności $\eta \geq 70\%$

Tablica 5

Typ i wielkość wentylatora	Otwór równoważny A [m^2]	Prędkość obrotowa n [1/min]	Wydajność Q [m^3/min]	Spiętrzenie całkowite Δp [kG/m^2]	Silnik napędowy	
					Typ	Moc [kVA]
WPR-180/1,8	1,0 ÷ 4,0	300	2000÷ 6600	185 ÷ 105	GAd1620t	400
		375	2800 ÷ 8000	280 ÷ 160	GAd1616s	400
		428	3200 ÷ 9200	370 ÷ 210	-	-
		500	3700 ÷ 10800	500 ÷ 300	GAd1512t	1000
WPR-200/1,8	1,2 ÷ 4,8	300	3000 ÷ 8600	220 ÷ 127	GAd1620t	400
		375	3800 ÷ 10000	350 ÷ 200	GAd1716s	800
		428	4100 ÷ 12000	450 ÷ 260	-	-
		500	4800 ÷ 15000	600 ÷ 370	GAd1612s	1600
WPR-220/1,8	1,5 ÷ 6,0	300	3800 ÷ 11600	270 ÷ 155	GAd1720s	630
		375	5000 ÷ 15000	420 ÷ 240	GAd1816r	1250
Ułożyskowanie		toczne				

2. Opis konstrukcji

Wentylatory promieniowe typu WPR 1,8 są wentylatorami dwustrumieniowymi o poziomej osi ssania i osi wydmuchu skierowanej pod kątem 60°.

Wały wirników są ułożyskowane w łożyskach tocznych z obiegowym systemem smarowania.

Zastosowana tutaj konstrukcja łopatek profilowanych zapewnia cichobieżność oraz rozszerza zakres pracy przy optymalnych sprawnościach.

Liczba łopatek wirnika wynosi 2 x 9. Kąt wylotowy łopatek zagiętych do tyłu /w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu wirnika/ wynosi $\beta_2 = 32^{\circ}$. Małe kąty wylotowe łopatek wirnika pozwoliły na osiągnięcie wysokich sprawności /max = 85%/ oraz wpływają na korzystne ukształtowanie krzywej mocy. Krzywa mocy osiąga swoje maksimum dla wydajności, nieco większej od znamionowej, a następnie opada. Taki przebieg krzywej mocy zabezpiecza silnik napędowy wentylatora przed przeciążeniem, w przypadku niewłaściwego doboru wentylatora do sieci kopalni. Wentylatory WPR/1,8 mają konstrukcję przystosowaną do pracy rewersyjnej, to jest do zmiany kierunku przepływu powietrza ze ssania na tłoczenie do kopalni, przy około 60% wydajności znamionowej. Przebieg krzywych depresji w zależności od wydajności pozwala na prawidłową pracę równoległą kilku wentylatorów w jednym kanale.

Regulacja parametrów pracy jest możliwa tylko przez wymianę wirnika lub zmianę liczby obrotów.

Tablica 5 podaje parametry pracy wentylatorów w zakresie sprawności 70%.

Przebieg charakterystyki $\Delta pc = f(Q)$ $\eta = f/Q/$ i $N = f/Q/$ przedstawiają wykresy na rys. 52, 53, 54 i 55.

Pomiary charakterystyk dokonano na modelu przy normalnych warunkach technicznych $p = 760$ mm H_g, $t = 20^{\circ}C$, $\gamma = 1{,}2$ kG/m^3.

Na rys. 55 jest pokazana charakterystyka rzeczywista wentylatora WPR-200/1,8, przy obrotach $n = 375$ 1/min i ciężarze właściwym powietrza $\gamma = 1{,}2$ kG/m^3. Linią przerywaną naniesiono krzywą rewersji.

2.4. Opis budowy

Wentylatory WPR składają się z następujących zespołów podstawowych:

1. wirnik
2. korpus z dyfuzorem

3. ułożyskowanie
4. układ smarujący
5. silnik napędowy z układem wzbudzenia

2.4.1. Wirnik

Dwustrumieniowy wirnik wentylatora /rys. 56/ składa się ze staliwnej piasty oraz z przykręconej do niej tarczy nośnej z wieńcem łopatkowym. Do tarczy nośnej są przyspawane z dwóch stron profilowane łopatki przykryte z zewnątrz wyoblonymi tarczami. Piasta wirnika jest osadzona na wale na stożkowych tulejach zaciskowych. Tuleje te dokręca się do piasty za pomocą odpowiednich śrub zabezpieczonych podkładkami odginanymi. Rozwiązanie to pozwala na dogodne ustawienie wirnika w środku kadłuba.

2.4.2. Kadłub

Kadłub składa się z:

a/ obudowy spiralnej
b/ dyfuzora wylotowego
c/ kieszeni wlotowych

Obudowa i kieszenie wlotowe są wykonane częściowo jako elementy betonowego fundamentu wentylatora. Blaszana część kadłuba oraz dyfuzor przymocowuje się śrubami do ramy fundamentowej.
W dolnej części obudowy oraz w kieszeniach wlotowych znajduje się zespół klap i drzwi pozwalających na zmianę kierunku pracy wentylatora ze ssącego na tłoczący.
W obudowie spiralnej i kieszeni wlotowej znajdują się włazy rewizyjne dla oględzin i napraw wewnętrznych części wentylatora.

2.4.3. Ułożyskowanie

Wirnik jest osadzony w środku wału podpartego na łożyskach tocznych baryłkowych.
Moment obrotowy silnika napędowego jest przenoszony na wał główny wentylatora za pośrednictwem elastycznego sprzęgła, typu SE, produkcji Bielskich ZUT.
Baryłkowe łożyska toczne są zabudowane w żeliwnych kadłubach mających króćce dopływu i odpływu oleju.

2.5. Układ smarujący

Składa się z dwóch podzespołów-rys. 57

a/ zbiornika z zespołem pomp
b/ łożyskowego

W skład tego zespołu wchodzi stół, zbiornik oleju oraz dwa równoległe połączone układy złożone z pompy zębatej typ PZ-6,3A o wydajności 63 l/min., silnika SZJd34a mocy 0,6 kW obrotach 1410 l/min, filtru płytkowego FPW - 11, zaworu zwrotnego 3/8" oraz manometru sprężynowego MB160 z elastycznym zespołem kontaktowym.
W skład zespołu łożyskowego wchodzą dwa łożyska wyposażone w olejowskazy R 3/8" oraz czujniki temperatury wraz z sygnalizacją temperatury.
Dla zabezpieczenia pompy przed nadmiernym ciśnieniem, zastosowano zawór przelewowy wyregulowany na ciśnienie 6,5 kG/cm^2. Do prac remontowych lub konserwacyjnych można układ odłączyć od zbiornika olejowego za pomocą kurka spustowego.
Działanie zespołu smarującego. Po włączeniu silnika elektrycznego zapala się lampka sygnalizacyjna. Olej pod ciśnieniem wytworzonym przez pompę jest przetłaczany przez filtr i zawór zwrotny do kadłubów łożysk. Olej z łożysk wypływa grawitacyjnie do zbiornika pojemności 70 l. Aby zapewnić samoczynny spływ oleju, zespół smarujący należy zagłębić w fundamencie na 800 mm poniżej korony fundamentowej wentylatora.
Zaburzenia w pracy zespołu smarującego są sygnalizowane za pomocą manometru kontaktowego. W razie wzrostu ciśnienia w manometrze do 6 kG/cm^2 powinna się zapalić żarówka kontrolna i jednocześnie zadziałać sygnał dźwiękowy, natomiast w przypadku zaniku ciśnienia następuje wyłączenie zespołu.
Przez zaprojektowanie odpowiedniego układu elektrycznego istnieje możliwość automatycznego załączenia zespołu rezerwowego /w razie awarii zespołu pracującego/. Powierzchnia łożysk, przewodów i zbiorników wystarcza na utrzymanie temperatury oleju obiegowego w granicach 30^o ÷ 45^{o}C.
W razie wzrostu temperatury oleju powyżej 55^{o}C lub przy wyłączeniu się z jakichkolwiek przyczyn silnika pompy, na tablicy zapala się lampka czerwona i jednocześnie uruchomiony zostaje sygnał dźwiękowy. Należy wtedy w jak najkrótszym czasie włączyć pompę rezerwową. Przy wzroście temperatury łożysk do 70^{o}C następuje awaryjne zatrzymanie wentylatora.

2.6. Silnik

Wentylatory WPR w zasadzie są napędzane za pomocą wolnobieżnych silników synchronicznych. Na specjalne życzenie zamawiającego może być zastosowany silnik asynchroniczny. Silnik sprzęgnięty jest z wentylatorem bezpośrednio przez sprzęgło elastyczne SE. Silniki z układem wzbudzenia obu wentylatorów, zespoły smarujące /pompy i zbiorniki oleju/ przyrządy pomiarowe i szafy sterujące powinny być umieszczone w budynku stacji wentylacyjnej.

2.7. Układ rewersji

W skład układu rewersji wchodzą:

1. klapa środkowa
2. drzwi boczne
3. wózek
4. klapy czerpne
5. wciągarki ręczne
6. mechanizm blokowania drzwi bocznych
7. liny stalowe z blokami

Klapa środkowa podczas pracy normalnej wentylatora stanowi część spirali obudowy. Podczas pracy rewersyjnej podnosi się ją za pomocą liny stalowej, przez co odcina się obudowę spiralną wentylatora od atmosfery i łączy ją z kanałem prowadzącym do szybu. Klapa jest uszczelniona za pomocą gumowych podkładek.
Ciężar własny klapy uniemożliwia jej samoczynne podniesienie.
Drzwi boczne stanowią podczas normalnej pracy boczną ścianę kieszeni wlotowej. Ze względu na tendencję do otwierania się wskutek panującej po ich obu stronach różnicy ciśnień, drzwi są wyposażone w mechanizm blokujący, bez odbezpieczenia którego jest niemożliwe otwarcie drzwi bocznych.
Przy rewersji drzwi boczne odcinają kieszenie wlotowe od szybu i otwierają komorę łączącą się dalej z obudową spiralną. W komorze porusza się między prowadnicami wózek, który powoduje zamykanie drzwi bocznych przy jednoczesnym podnoszeniu klapy środkowej. Klapy czerpne w czasie normalnej pracy wentylatora są zamknięte. Podczas pracy rewersyjnej otwiera się je, co zapewnia dopływ świeżego powietrza do wentylatora. Podobnie jak pozostałe klapy powinny one być podczas normalnej pracy dobrze uszczelnione.

Otwieranie i zamykanie klap i drzwi rewersyjnych odbywa się za pomocą ręcznych wciągarek i systemu lin stalowych z krążkami. Szkice wymiarowe wentylatorów WPR-180/1,8 WPR-200/1,8 i WPR-220/ /1,8 przedstawiono na rys. 51.

2.8. Sprawdzenie nominalnych parametrów wentylatora

Podstawą stwierdzenia nominalnych parametrów pracy wentylatora powinna być charakterystyka sporządzona przez instytut naukowy. Stwierdzenie dotrzymania nominalnych parametrów pracy wentylatora /punktu nominalnego charakterystyki/ powinno odbyć się komisyjnie.
W skład komisji powinni wejść przedstawiciele instytutu wykonującego charakterystykę, przedstawiciele producenta i przedstawiciele Zakładów Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego.
Pomierzona wydajność może się różnić ± 5% od wydajności znamionowej podanej przez producenta; sprawność całkowita wentylatora może być mniejsza o 5% od sprawności znamionowej wentylatora.

2.9. Transport i przechowywanie

Elementy wentylatora powinny być wyładowywane z platform przy użyciu odpowiednich środków dźwigowych. Nie wolno rzucać i kantować elementów, gdyż grozi to ich odkształceniami.
Jeśli wentylator nie jest przewidziany do natychmiastowego montażu, należy zabezpieczyć elementy wentylatora przed wpływami atmosferycznymi.

2.10. Montaż

Kolejne prace:

Sprawdzić wymiary fundamentu. Zabetonować ramy klap rewersyjnych w fundamencie. Założyć klapy rewersyjne. Ustawić ramę fundamentową, wypoziomować płyty łożyskowe oraz przykręcić segmenty obudowy i kieszeni. Między segmentami umieścić sznur uszczelniający /konopny lub azbestowy/. Zalać betonem występy kotwiczne ramy. Zamontować wirnik z wałem i łożyskami. Łożyska bezpośrednio przed montażem należy przemyć benzyną z dodatkiem 5 % oleju, wysuszyć i natychmiast po tym pokryć smarem. Kadłuby łożysk oraz czopy wału również oczyścić i nasmarować.
Sprawdzić poziome ustawienie wału. Dopuszczalna odchyłka: 0,5 mm na 1 m.

Wyważyć dynamicznie wirnik. Dopuszczalna podwójna amplituda drgań wynosi 0,1 mm.
Założyć pozostałe elementy obudowy i dyfuzor. Zmontować sprzęgło. Zmontować układ smarowania. Sprawdzić kierunek obrotów wentylatora

2.11. Wstępny rozruch

Po zakończeniu montażu wentylatora oraz montażu części elektrycznej należy, przy udziale przedstawicieli kopalni, przeprowadzić rozruch wentylatora. Czas trwania rozruchu powinien być następujący:

I rozruch - 10 minut
II rozruch - 1 godzina
III rozruch - 3 godziny
IV rozruch - 24 godziny

Rozruch wykonuje się przy zamkniętej zasuwie odcinającej szyb. Podczas rozruchu próbnego należy kontrolować działanie układu smarującego, a szczególnie poziom oleju oraz temperaturę łożysk, która nie może przekroczyć 55°C. W razie zauważenia odgłosów świadczących o nieprawidłowej pracy wentylatora, należy go zatrzymać, ustalić i usunąć przyczynę.
Czas rozruchu oraz natężenie prądu powinny być zgodne z instrukcją uruchomienia silnika. Po osiągnięciu znamionowej prędkości obrotowej należy ją sprawdzić obrotomierzem.
Po pomyślnym zakończeniu próbnych rozruchów, można przekazać wentylator do ruchu próbnego. Po czym należy dokonać odbioru ostatecznego i przekazać wentylator do ruchu.

2.12. Eksploatacja i obsługa

2.12.1. Uruchomienie i zatrzymanie

Przed uruchomieniem wentylatora należy:

a/ dokonać przeglądu klap i zasuw. Klapy czerpne powietrza rewersyjnego powinny znajdować się w dolnym położeniu, przy czym drzwi boczne kanału powinny być zaryglowane. Zasuwa odcinająca wentylator od szybu powinna być zamknięta;
b/ uruchomić układ smarowniczy i sprawdzić poziom oleju w łożyskach;

c/ włączyć główny silnik napędowy /wg instrukcji/;
d/ po osiągnięciu przez wentylator obrotów nominalnych należy otworzyć zasuwę odcinającą wentylator od szybu.

Zatrzymanie wentylatora następuje po wyłączeniu głównego silnika z sieci. Aby uruchomić wentylator rezerwowy należy, po wykonaniu czynności podanych w p-kcie a, opuścić zasuwę odcinającą wentylator główny od szybu i podnieść zasuwę wentylatora rezerwowego. Wyłączyć wentylator główny.

2.12.2. Praca rewersyjna

Dla przełączenia wentylatora z pracy ssącej na pracę tłoczącą należy:

a/ wyłączyć wentylator bez wyłączenia układu smarowania,
b/ podnieść wciągarką środkowe drzwi w górne krańcowe położenie. Jednocześnie otwierają się drzwi boczne połączone z drzwiami środkowymi,
d/ odryglować i otworzyć klapy czerpne powietrza rewersyjnego /lewą i prawą/,
e/ włączyć wentylator.

Przy przejściu wentylatora ponownie na pracę normalną należy:

a/ wyłączyć silnik /bez wyłączania układu smarującego/,
b/ zamknąć i zaryglować klapy czerpne powietrza rewersyjnego,
c/ opuścić drzwi środkowe i zamknąć drzwi boczne /zaryglować/,
d/ włączyć wentylator.

2.12.3. Dozór stacji wentylacyjnej

Zatrzymanie głównego wentylatora choćby na krótki czas narusza proces przewietrzania kopalni i dezorganizuje jej pracę. Dla zabezpieczenia ciągłej pracy wentylatora konieczny jest stały prawidłowy dozór. W tym celu należy:

a/ pilnie śledzić poziom oleju w łożyskach i nie dopuszczać do nagrzania się oleju powyżej 55°C. Do smarowania łożysk należy używać oleju maszynowego 5, wg PN-55/6-96071 o charakterystyce E_{50} = 4,98 ÷ 7,7°E. Wymianę oleju powinno się przeprowadzać raz na pół roku. Przed zalaniem olejem układu smarującego i miski olejowej w łożyskach, należy przemyć łożyska i sprawdzić luz promieniowy, który nie powinien przekraczać 0,25 mm.

b/ dokonać przeglądu śrub mocujących łożyska i stopień dokręcenia nakrętek.

c/ ciągła pracy /bez przerwy/ jednego wentylatora nie powinna trwać dłużej niż miesiąc, po czym należy włączyć wentylator rezerwowy. Wentylator wyłączony z ruchu powinien być dokładnie przejrzany, a wszelkie stwierdzone usterki natychmiast usunięte.

Rezerwowy wentylator musi być zawsze gotowy do włączenia go do sieci kopalnianej.

2.12.4. Zakres dostawy wentylatora i urządzeń pomocniczych

Dostawa wentylatora z fabryki obejmuje następujące podzespoły i urządzenia:

wirnik,
kadłub,
ułożyskowanie,
leje wlotowe,
sprzęgło elastyczne,
silnik napędowy,
układ olejowy z czujnikami temperatury,
ramę fundamentową,
części mechanizmu rewersji,
wciągniki i wciągarki przyścienne,
szafa W-1 lub W-2.

Wszystkie wentylatory są wyposażone w szafy do pomiaru i sygnalizacji temperatury łożysk oraz do pomiaru ciśnienia statycznego i prędkości przepływu powietrza w kanale.
Są to szafy W-1 /produkcji Przedsiębiorstwa Energomontażowego Przemysłu Węglowego w Chorzowie/, przeznaczone dla pojedynczo pracujących wentylatorów, oraz W-2 dla zespołu dwu wentylatorów /główny i rezerwowy/.

W y c i ą g

z Przepisów Technicznych Eksploatacji Kopalń Węgla w zakresie wytwarzania głównego prądu powietrza

§ 785. Jeżeli pod piętrem wyrobiska stwierdzi się zawartość metanu w ilości 2 % lub więcej, należy niezwłocznie usunąć robotników do bezpiecznego miejsca, zamknąć dostęp do zagrożonych wyrobisk krzyżami z desek i wyłączyć prąd elektryczny /§ 837, 849/.

O powyższym należy niezwłocznie zawiadomić sztygara oddziałowego lub jego zastępcę, który powinien natychmiast przedsięwziąć środki w celu usunięcia gazu i przywrócenia normalnego stanu powietrza.

§ 813. Wszelkie zmiany w rozdziale i rozprowadzaniu powietrza można przeprowadzać tylko za zgodą kierownika wentylacji. Jeżeli w wyjątkowych przypadkach zachodzi potrzeba przeprowadzenia takich zmian, powinno się o nich powiadomić kierownika wentylacji /§ 836/.

§ 814. Stosowanie wentylatorów pomocniczych w kopalni pod ziemią /przepis niniejszy nie dotyczy wentylatorów zainstalowanych w lutniach/ do regulacji ilości powietrza może nastąpić tylko w uzasadnionych przypadkach za zgodą właściwego okręgowego urzędu górniczego /§ 826/.

§ 825. Wszystkie kopalnie węgla powinny być przewietrzane za pomocą stale czynnych wentylatorów. Stosowanie wyłącznie tylko przewietrzania naturalnego jest zabronione.

§ 826. Przewietrzanie kopalni węgla powinno odbywać się za pomocą jednego lub kilku głównych wentylatorów ssących, ustawionych na powierzchni ziemi. Odstępstwa od tego przepisu mogą być dopuszczone tylko za zezwoleniem właściwego okręgowego urzędu górniczego. W kopalniach eksploatujących pokłady węgla

samozapalnego wentylatory główne w celu niedopuszczenia do odwracania się prądów powietrza powinny wytwarzać depresję nie mniejszą jak 100 mm słupa wody. Na ustawienie w nowych kopalniach wentylatorów o mniejszej depresji wymagana jest zgoda okręgowego urzędu górniczego. W nowo projektowanych urządzeniach wentylacyjnych zabronione jest stosowanie podziemnych wentylatorów ssących.

§ 827. Na szybie wydechowym oprócz wentylatora czynnego powinien znajdować się jeszcze wentylator zapasowy zdatny w każdej chwili do uruchomienia w ciągu najwyżej 10 min. Oba te wentylatory w urządzeniach nowoprojektowanych powinny być jednakowego typu i wymiarów.

W kopalniach niegazowych i gazowych I kategorii Wyższy Urząd Górniczy może zezwolić na posiadanie tylko jednego wentylatora, ale z silnikiem zapasowym.

Przy przekładni pasowej oprócz pasa czynnego powinien być do dyspozycji pas zapasowy.

§ 828. Zdolność do ruchu wentylatora zapasowego powinno się kontrolować przez jego uruchamianie przynajmniej raz na miesiąc.

§ 829. Za zezwoleniem właściwego okręgowego urzędu górniczego jest dopuszczalna wspólna praca wentylatorów na jednym szybie w połączeniu szeregowym lub równoległym.

§ 830. Wentylatory główne powinny być zaopatrzone w manometr wodny i samopiszący depresjomierz połączony z kanałem wentylacyjnym przed zasuwą oraz w samopiszący wolumenometr. Wskazane jest oprócz tego posiadanie manometru wodnego połączonego z kanałem między zasuwą a wentylatorem, a to dla kontroli charakterystyki wentylatora.

W przypadku wentylatora podziemnego manometr i depresjomierz samopiszący powinno się tak włączyć, ażeby wykazywały różnicę ciśnienia za wentylatorem i przed zasuwą. Wykresy przyrządów samopiszących należy zaopatrzyć w datę i przechowywać co najmniej przez 3 miesiące.

§ 831. Główne wentylatory muszą być wyposażone w urządzenia umożliwiające zmianę kierunku prądu powietrza przewietrzającego kopalnię w ciągu najwyżej 10 min.

Kontrolę działania tych urządzeń powinien raz na miesiąc przeprowadzić główny mechanik kopalni wraz z kierownikiem wentylacji. Wyniki kontroli powinny być wpisywane do książki ruchu /§ 1288/.

§ 832. Wentylatory główne powinny być wyposażone w urządzenia pozwalające na regulację ich wydajności.

§ 833. Wentylatory główne w kopalniach gazowych lub eksploatujących pokład łatwo zapalnego węgla muszą mieć dwie linie zasilające z dwóch niezależnych źródeł energii, z których jedna musi być prowadzona na powierzchni. Linia ta powinna być możliwie kablowa lub przewodowa na słupach.

§ 834. Budynki głównych wentylatorów muszą być wykonane z materiału ogniotrwałego, mieć stałe i rezerwowe oświetlenie oraz telefoniczne połączenie z kopalnią.

W budynku wentylatora powinien znajdować się schemat urządzeń wentylacyjnych ze wskazówkami, jakie czynności należy kolejno wykonać, w celu odwrócenia prądu powietrza w kopalni, oraz Instrukcja dla maszynisty i Księga raportów dziennych.

§ 835. 1. Wentylatory główne i pomocnicze /§ 814/ powinny być obsługiwane przez odpowiednio przeszkolonych maszynistów.

Maszyniści są obowiązani:

a/ utrzymywać w porządku i czystości wentylatory i pomieszczenia maszynowe,

b/ zawiadamiać natychmiast kierownictwo kopalni ustaloną drogą służbową o przerwach w pracy wentylatorów oraz o zauważonych odchyleniach od normalnych wskazań przyrządów pomiarowych,

c/ w przypadku braku przyrządów samopiszących - wpisywać co godzinę do Księgi raportów dziennych wskazania przyrządów pomiarowych,

2. Zaleca się wprowadzenie pełnej automatyzacji lub półautomatyzacji pracy wentylatorów głównych. Przy pełnej automatyzacji wentylator wyposaża się w aparaturę i urządzenia zezwalające na zdalne uruchamianie i zatrzymywanie jego silnika oraz na zdalną

kontrolę temperatury łożysk /wentylatora i silnika/, kontrolę depresji i wydajności, działanie aparatury i urządzeń musi być wypróbowane w ciągu 720 godzin. Urządzenia do zdalnego sterowania i kontroli powinny znajdować się w miejscu, gdzie zapewniona jest stała obserwacja i cogodzinny zapis wskazań aparatów pomiarowych, kontrolujących depresję oraz wydajność wentylatora. Przy półautomatyzacji uruchamianie wentylatora przeprowadza się przez obsługę.

§ 836. Zatrzymanie głównego wentylatora lub zmiana warunków może nastąpić jedynie na zarządzenie kierownika robót górniczych, działającego w porozumieniu z kierownikiem wentylacji /§ 813, § 967/.

§ 837. W razie przerwy w działaniu wentylatorów głównych, trwającej dłużej jak 30 min, należy w kopalniach niegazowych zarządzić usunięcie ludzi z miejsc zagrożonych, w kop. gazowych zaś postąpić w myśl przepisów § 849. Równocześnie z tym powinno się wstrzymać dopływ prądu elektrycznego do zagrożonych oddziałów /§ 785/.

W przypadku zatrzymania się wentylatora wskutek zepsucia się i braku zapasowego wentylatora należy otworzyć zamknięcie szybu wentylacyjnego w celu połączenia go z atmosferą zewnętrzną i poprawienia w ten sposób przewietrzania naturalnego.

§ 838. Odpowiedzialność za stan wentylatorów głównych i pomocniczych na powierzchni ponosi główny mechanik kopalni, do obowiązków natomiast kierownika wentylacji należy regulacja urządzeń i ich kontrola.

§ 839. Zamknięcia szybów wentylacyjnych powinny być odpowiednio szczelne, tak aby ucieczki powietrza przez szyby nie przekraczały 20 % wydajności wentylatora.

Wyloty szybów przeznaczonych wyłącznie do wentylacji i nie mających budynku nadszybowego powinny być pokryte kratami i ogrodzone płotem murowanym nie niższym jak 2,5 m. W kracie nad przedziałem drabinowym powinny znajdować się stale zamknięte zamkiem skrzynkowym drzwi kratowe, które można otwierać od wewnątrz.

§ 840. W kopalniach gazowych w promieniu 20 m od dyfuzora wentylatora nie powinno być otwartego ognia.

§ 849. W kopalniach gazowych w przypadku zatrzymania głównego wentylatora powinno się niezwłocznie wyprowadzić ludzi ze wszystkich przodków do prądu świeżego powietrza, a dopływ energii elektrycznej powinno się wyłączyć /§ 785, 837/.

Jeżeli przerwa ruchu wentylatora przedłuży się ponad 1/2 godz., kierownictwo kopalni powinno się zastanowić, czy nie należy ludzi wyprowadzić do szybu zjazdowego.

§ 967. Przy ustalaniu planu akcji przeciwpożarowej należy:

1/ Przewidzieć swobodną drogę bez przeszkód tamujących przepływ powietrza w celu łatwiejszego odprowadzenia dymów do szybu wydechowego, w miarę możności drogą wznoszącą się.

2/ Wzdłuż tej drogi zamknąć tamy we wszystkich prądach bocznych płynących z niezaognionych rejonów wentylacyjnych, wykorzystując w miarę możności wylotowe tamy rejonowe. Obowiązek zamykania wylotowych tam nie dotyczy prądów rejonowych, mających ujście w miejscach, gdzie dymy są już dostatecznie ochłodzone. W przypadkach nagłych tamy mogą być wykonane z płótna.

3/ Akcję zwalczania ognia prowadzić przy możliwie najmniejszym dopływie powietrza do miejsc pożaru.

4/ Zwrócić szczególną uwagę na pewność pracy wentylatora głównego. Zatrzymanie wentylatora lub odwrócenie prądu w całej kopalni dozwolone jest tylko w przypadkach wyjątkowych jak np. pożar w szybie wdechowym lub w głównych prądach świeżego powietrza.

§ 1288. Dla wszystkich większych /głównych/ maszyn i urządzeń, jak np.: maszyny wyciągowe, turbozespoły, sprężarki, kotły, główne wentylatory kopalniane, pompy głównego odwadniania, należy:

1) prowadzić Książkę raportów dziennych do wpisywania:
   a) odczytów przyrządów pomiarowych,
   b) notatek o zauważonych brakach i o podjętych środkach celem ich usunięcia;
2) prowadzić Książkę ruchu, która powinna zawierać charakterystykę techniczną maszyny lub urządzenia oraz notatki o wszelkich zmianach, przepracowanej ilości godzin /dni/,

powstałych uszkodzeniach, dokonanych przeglądach, naprawach, a także innych zdarzeniach ruchowych. Należy stosować druki zgodne z obowiązującymi przepisami;

3) mieć instrukcje ruchowo-eksploatacyjne;

4) mieć niezbędne schematy urządzenia, a dla maszyn i urządzeń elektrycznych niezbędne schematy połączeń elektrycznych;

5) umieścić tabliczkę napraw w widocznym miejscu na maszynie lub w jej pobliżu, zawierającą:
a/ datę ostatnich napraw okresowych,
b/ datę następnych napraw okresowych,
c/ kartę naprawy

Zbiór Górniczych Przepisów Bezpieczeństwa i Higieny Pracy
Dział V. Przewietrzanie i zwalczanie zagrożenia gazowego

Wyciąg uzupełniający do PTEKW

§ 28. Stosowanie wentylatorów pomocniczych pod ziemią /nie dotyczy wentylatorów zainstalowanych w lutniociągach/ do regulacji ilości powietrza może być dopuszczone tylko w uzasadnionych przypadkach za zgodą Okręgowego Urzędu Górniczego.

§ 32. 1. Wentylatory główne muszą być zaopatrzone w dwa manometry wodne, z których jeden powinien być połączony z kanałem wentylatora przed zasuwą, a drugi za zasuwą.

2. Codzienne odczyty na manometrach wodnych muszą być wpisywane do specjalnej księgi przechowywanej w kopalnianej stacji ratownictwa górniczego.

3. Kierownik wentylacji obowiązany jest zapoznać się codziennie z zapisanymi odczytami z wszystkich manometrów wodnych, a raz w miesiącu musi osobiście wykonać kontrolne odczyty na manometrach wodnych przy wentylatorach głównych.

4. Wentylatory główne w kopalniach gazowych i pożarowych muszą prócz manometrów wodnych być zaopatrzone w samopiszący depresjomierz i wolumenometr, połączone z kanałem wentylatora przed zasuwą, tzn. między zasuwą a szybem.

5. Wykresy przyrządów samopiszących muszą być zaopatrzone w datę, a po ich zdjęciu przechowywane co najmniej przez okres trzech miesięcy w kopalnianej stacji ratownictwa górniczego.

§ 34. 1. Zatrzymanie głównego wentylatora lub zmiana warunków jego pracy może nastąpić na zarządzenie kierownika działu robót górniczych, działającego w porozumieniu z kierownikiem wentylacji.

2. W kopalniach eksploatujących pokłady niegazowe w przypadku przerwy w działaniu głównych wentylatorów musi być załoga znajdująca się w strefie występowania gazów szkodliwych wycofana do świeżego powietrza.

3. W przypadku zatrzymania głównego wentylatora wskutek jego zepsucia się i braku zapasowego wentylatora, musi się otworzyć zamknięcia wylotu szybu wentylacyjnego, w celu połączenia go z atmosferą zewnętrzną i wykorzystania naturalnej depresji do przewietrzania kopalni.

§ 35. 1. W kopalniach eksploatujących pokłady gazowe w przypadku zatrzymania głównego wentylatora musi się niezwłocznie wyprowadzić ludzi ze wszystkich przodków pól gazowych do prądu świeżego powietrza, przy czym dopływ energii elektrycznej do tych pól musi być wyłączony elektrycznie i mechanicznie. Jeżeli przerwa w ruchu głównego wentylatora przedłuży się ponad pół godziny, kierownictwo ruchu kopalni musi zadecydować o konieczności wyjazdu załogi na powierzchnię. Ponowne obłożenie przodku oraz włączenie dopływu energii elektrycznej, po przerwie w pracy wentylatora głównego, trwającej dłużej niż 30 minut, może odbywać się po zbadaniu przodku przez dozór lub metaniarza.

2. W polach gazowych po każdej przerwie w ruchu wentylatora głównego, trwającej dłużej niż 10 minut wszystkie przodki oraz miejsca, gdzie znajdują się urządzenia elektryczne, muszą dokładnie zbadać osoby dozoru ruchu lampami wskaźnikowymi lub metanomierzami. Badanie to musi objąć odcinek wyrobisk od ich przodków na długości 20 m lub miejsca, gdzie znajdują się urządzenia elektryczne.

Spis fotografii

Fot. 1. Wentylator osiowy WOK-2jc

Fot. 2. Wentylator osiowy WOK-4j

Fot. 3. Zabudowanie wentylatorów osiowych WOK-4 dU, WOK-4j w wykopie

Fot. 4. Wentylator osiowy WOK-4dU-B

Fot. 5. Zabudowanie wentylatora WOK-7 dU

Fot. 6. Napęd synchroniczny N=800 kVA wentylatora WOK-7 dU

Fot. 7. Wentylator osiowy WOK-8 pz

Fot. 8. Zespół wirujący wentylatora osiowego WOK-8pz

Fot. 9. Łożysko ślizgowe i łopatka wirnikowa wentylatora osiowego WOK - 8pz

Fot. 10. Układ kierownic wentylatora WOK-8pz

Fot. 11. Wentylator osiowy WOK-8pz

Fot. 12. Wentylator osiowy WOK-8pz z napowietrznym kanałem rewersyjnym

Spis rysunków

Rys. 1. Schemat zainstalowania aparatury pomiarowej w wentylatorze promieniowym

Rys. 2. Charakterystyka wentylatora

Rys. 3. Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza

Rys. 4. Wpływ tworzenia się korka podsadzkowego w wyrobisku na pracę wentylatora

Rys. 5. Wpływ na pracę wentylatora powstania obwału na drodze przepływu prądu powietrza

Rys. 6. Wpływ powstania krótkiego spięcia w sieci wentylacyjnej na pracę wentylatora

Rys. 7a. Praca wentylatora na wznoszącej się części charakterystyki

Rys. 7b. Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza

Rys. 8a. Praca wentylatora na poziomej części charakterystyki

Rys. 8b. Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza

Rys. 9a. Praca wentylatora we wklęsłej P i wypukłej P′ części charakterystyki

Rys. 9b. Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza

Rys. 10. Schemat urządzenia do zdalnego sygnalizowania zaburzeń w sieci wentylacyjnej na podstawie zmian spiętrzenia wentylatora

Rys. 11. Schemat ideowy zdalnego sygnalizowania zaburzeń w sieci wentylacyjnej na podstawie zmian spiętrzenia wentylatora /manometr kontaktowy/

Rys. 12. Wpływ luzu promieniowego na sprawność wentylatora

Rys. 13. Oznaczenie ujemnych i dodatnich kątów łopatek wirnikowych

Rys. 14. Wentylator osiowy WOK-2jc

Rys. 15. Korona fundamentu wentylatora WOK-2jc

Rys. 16. Charakterystyka wentylatora WOK-2jc dla 12 łopatek wirnikowych

Rys. 17. Wykres mocy wentylatora WOK-2jc dla 12 łopatek wirnikowych

Rys. 18. Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-2jc

Rys. 19. Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-2jc

Rys. 20. Zespół wirujący wentylatora WOK-2jc

Rys. 21. Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-2jc

Rys. 22. Charakterystyka wentylatora WOK-2jc dla 6 łopatek wirnikowych

Rys. 23. Wykres mocy wentylatora WOK-2jc dla 6 łopatek wirnikowych

Rys. 24. Wentylator osiowy WOK-4j

Rys. 25. Korona fundamentu wentylatora osiowego WOK-4j

Rys. 26. Charakterystyka wentylatora osiowego WOK-4j dla 16 łopatek wirnikowych

Rys. 27. Charakterystyka wentylatora osiowego WOK-4j

Rys. 28. Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-4j

Rys. 29. Wentylator osiowy WOK-4 dU - B

Rys. 30. Zabudowanie wentylatora WOK-4 dU-B

Rys. 31. Rysunek poglądowy napędu wentylatora WOK-4 dU-B

Rys. 32. Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-4 dU-B

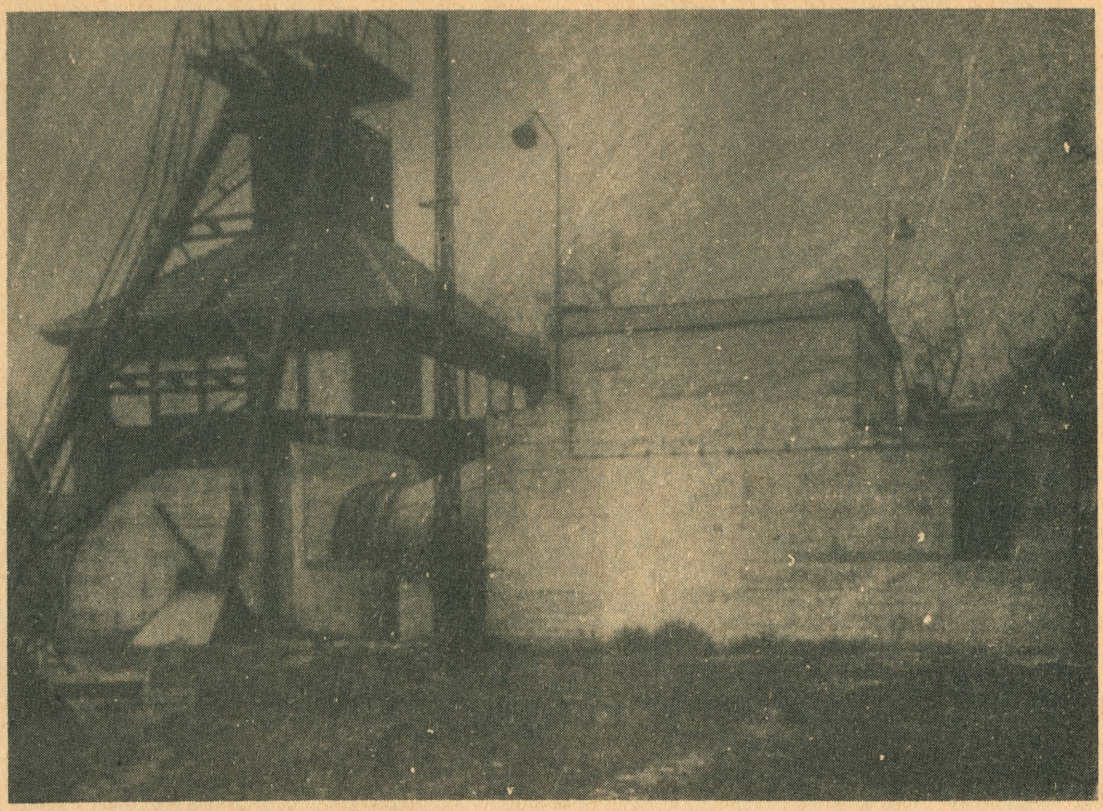
Rys. 33. Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-4 dU-B

Rys. 34. Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-4 dU-B

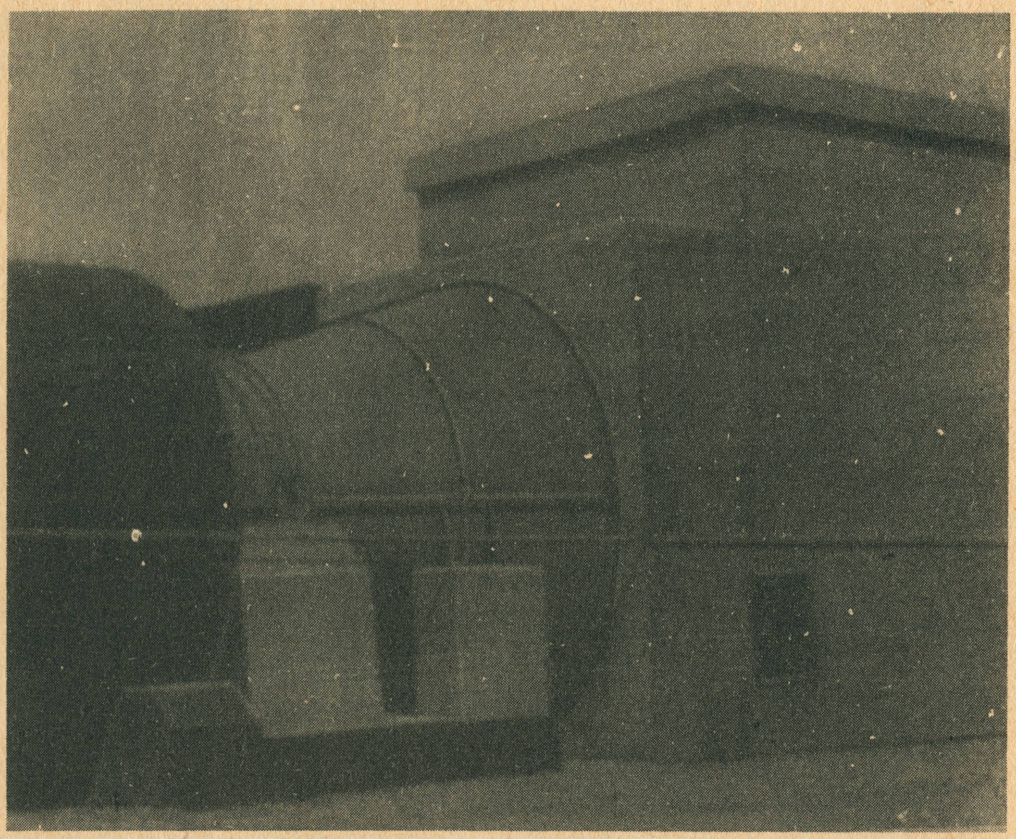
Rys. 35. Charakterystyka wentylatora WOK-4 dU-B

Rys. 36. Charakterystyka wentylatora WOK-4 dU-B

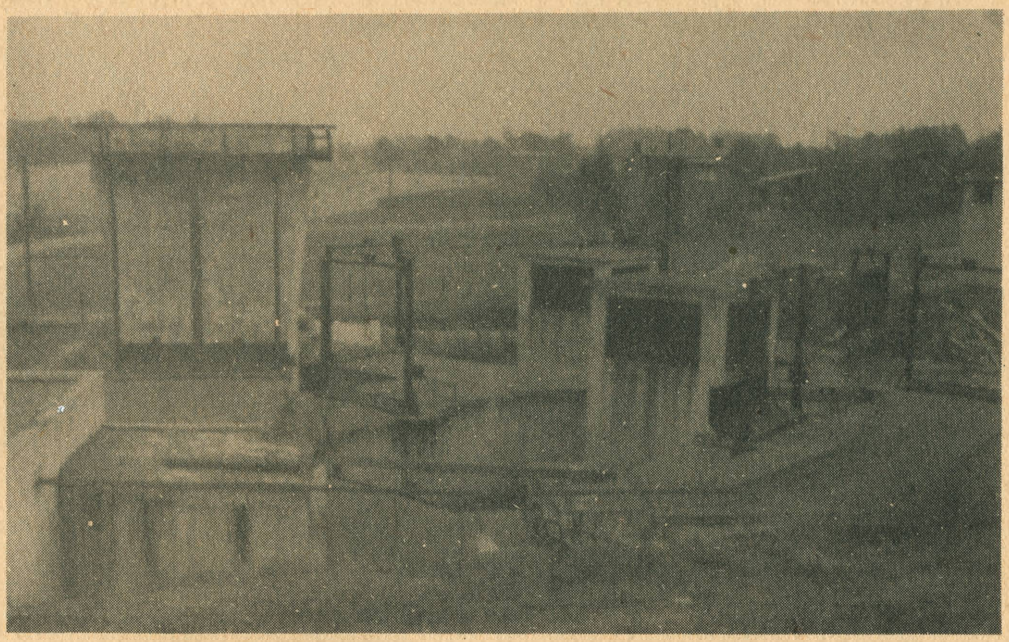
Rys. 37. Charakterystyka wentylatora WOK-4 dU-B
Rys. 38. Wentylator osiowy WOK-7 dU
Rys. 39. Korona fundamentu wentylatora WOK-7 dU
Rys. 40. Charakterystyka wentylatora WOK-7 dU
Rys. 41. Zespół wirujący wentylatora WOK-7 dU
Rys. 42. Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-7 dU
Rys. 43. Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-7 dU
Rys. 44. Łożyska wału napędowego I i II wentylatora WOK-7 dU
Rys. 45. Wentylator osiowy WOK-8pz
Rys. 46. Korona fundamentu wentylatora osiowego WOK-8pz
Rys. 47. Charakterystyka wentylatora osiowego WOK-8pz
Rys. 48. Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-8pz
Rys. 49. Łożyskowanie wału pośredniego II wentylatora WOK-8pz
Rys. 50. Układ smarowania łożysk ślizgowych wentylatora WOK-8pz
Rys. 51. Szkic wymiarowy wentylatorów promieniowych typu WPR
Rys. 52. Charakterystyka modelowa wentylatora WPR-180/1,8
Rys. 53. Charakterystyka modelowa wentylatora WPR-200/1,8
Rys. 54. Charakterystyka modelowa wentylatora WPR-220/1,8
Rys. 55. Charakterystyka rzeczywista wentylatora WPR-200/1,8
Rys. 56. Szkic wymiarowy wirników wentylatorów promieniowych typu WPR
Rys. 57. Schemat smarowania łożysk tocznych wentylatorów promieniowych
Rys. 58. Obszary, w których mają się mieścić parametry nominalne wentylatorów głównego przewietrzania



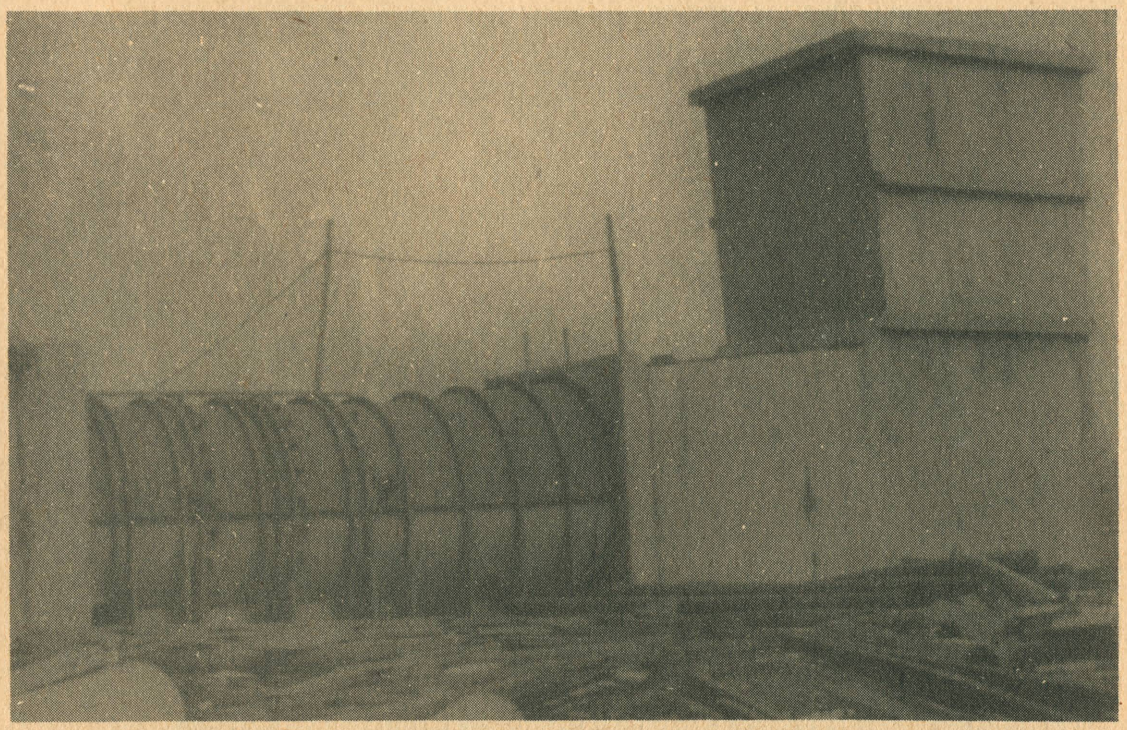
Fot. 1. Wentylator osiowy WOK-2jc



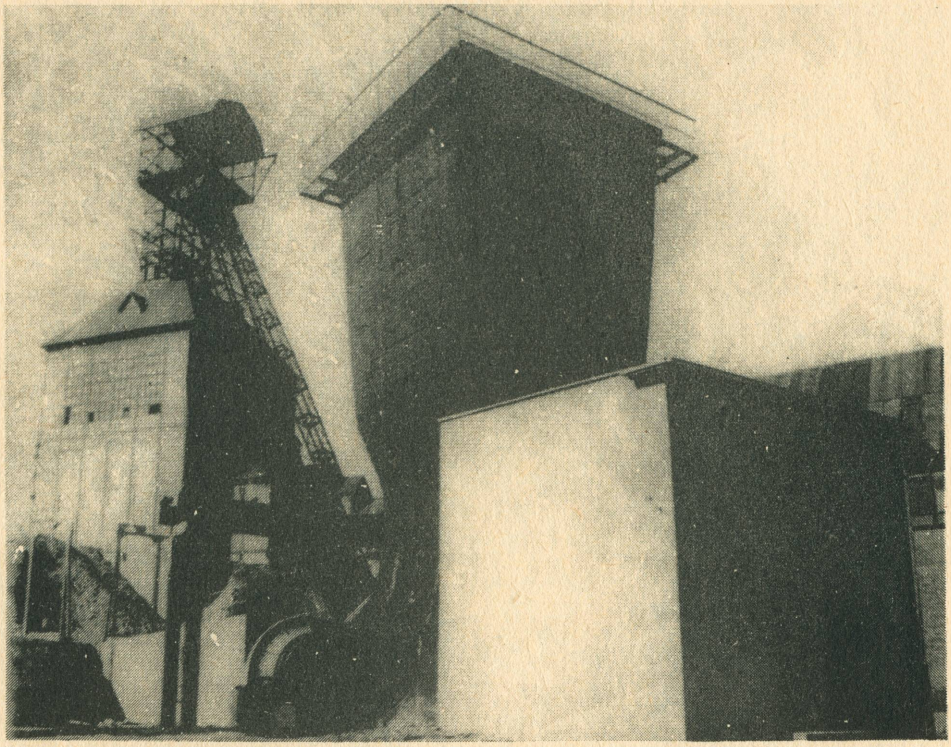
Fot. 2. Wentylator osiowy WOK-4j



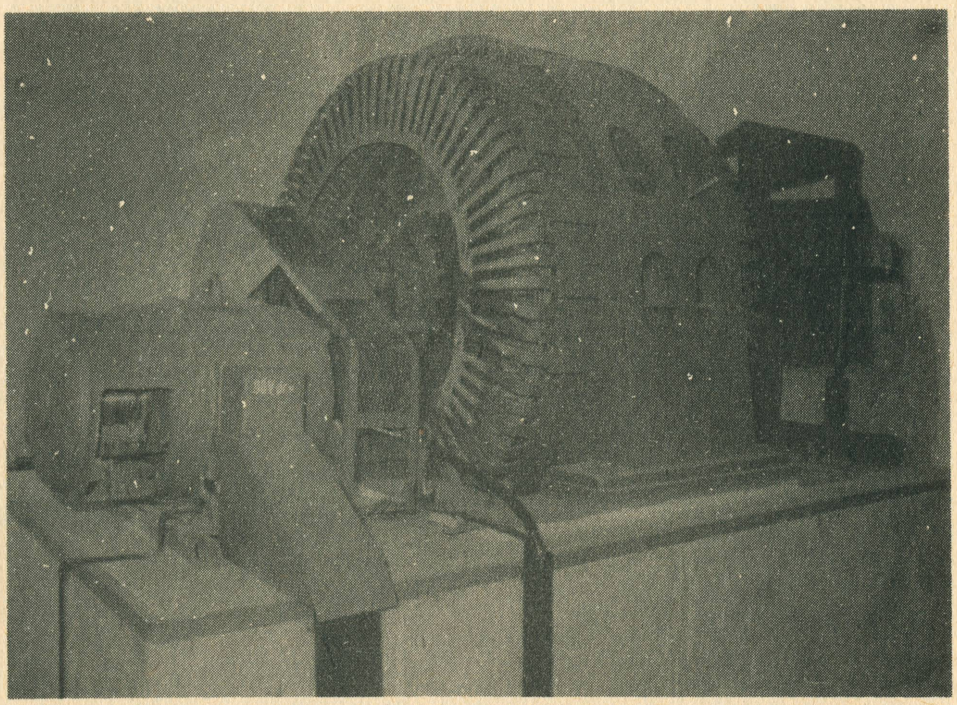
Fot. 3. Zabudowanie wentylatorów osiowych WOK-4 dU, WOK-4j w wykopie



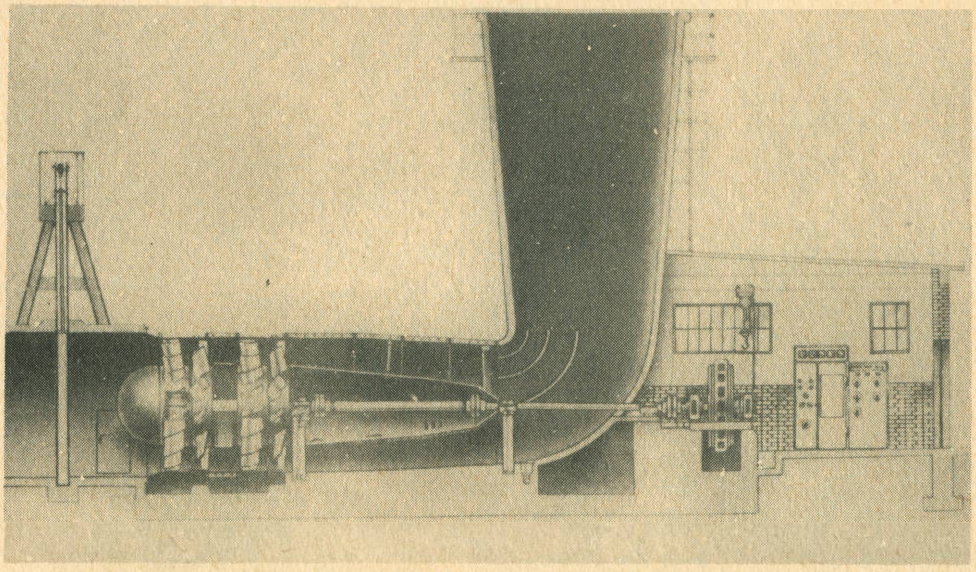
Fot. 4. Wentylator osiowy WOK-4dUB



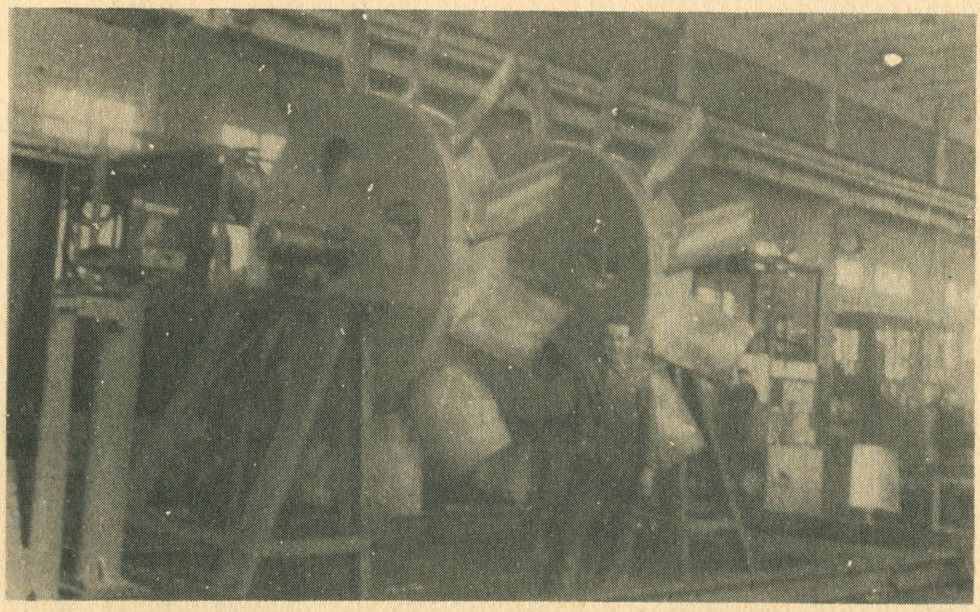
Fot. 5. Zabudowanie wentylatora WOK-7dU



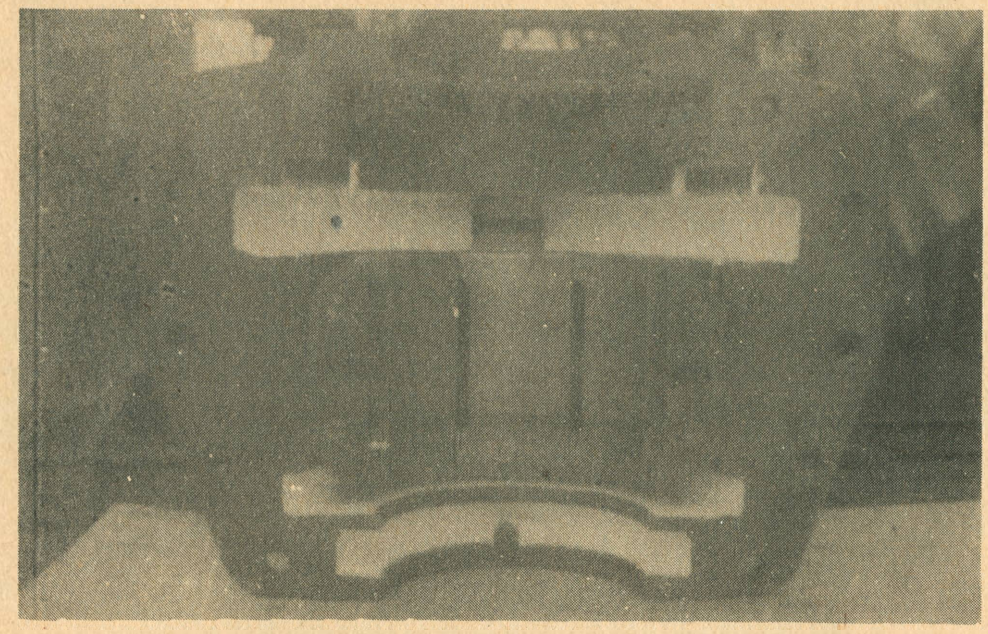
Fot. 6. Napęd synchroniczny N=800 kVA wentylatora WOK-7dU



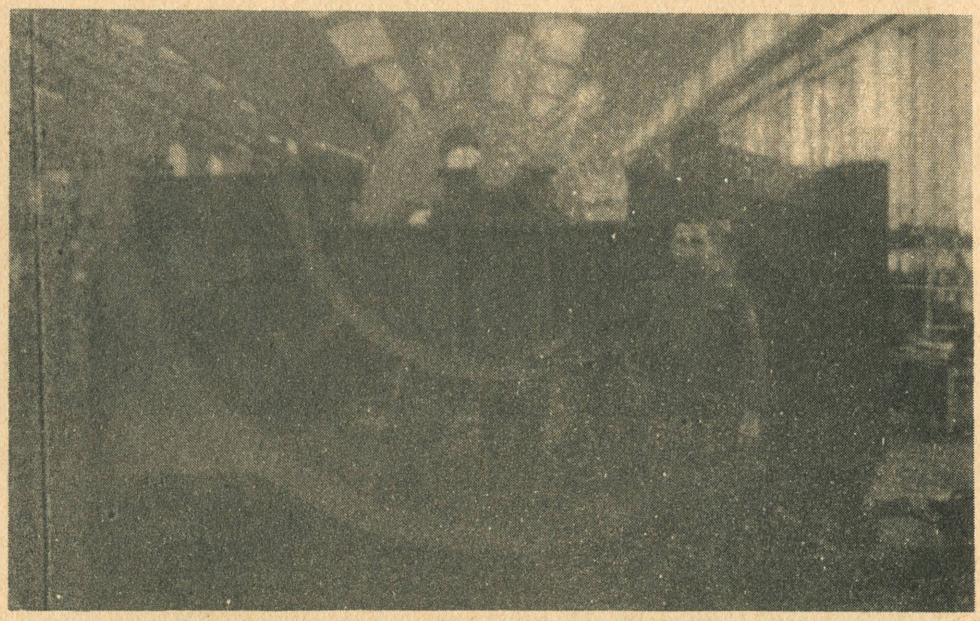
Fot. 7. Wentylator osiowy WOK-8pz



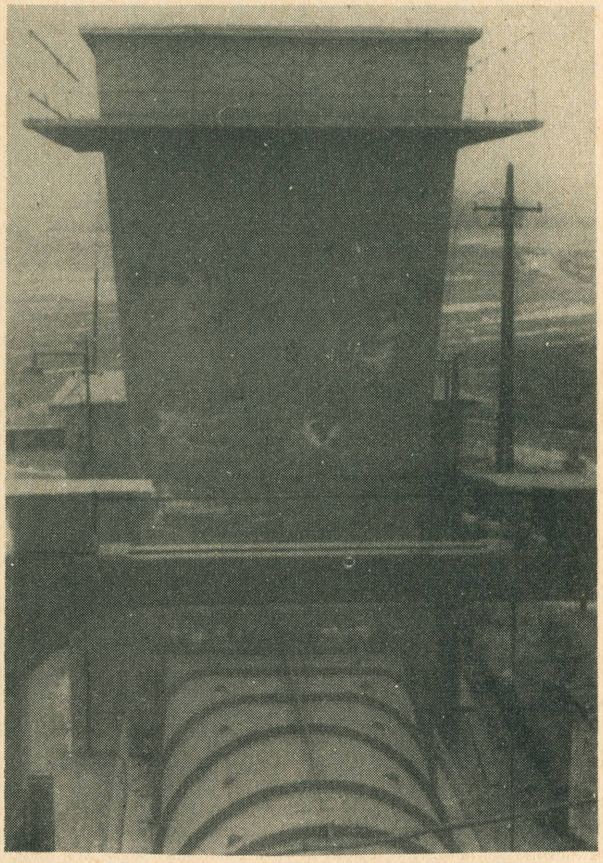
Fot. 8. Zespół wirujący wentylatora osiowego WOK-8pz



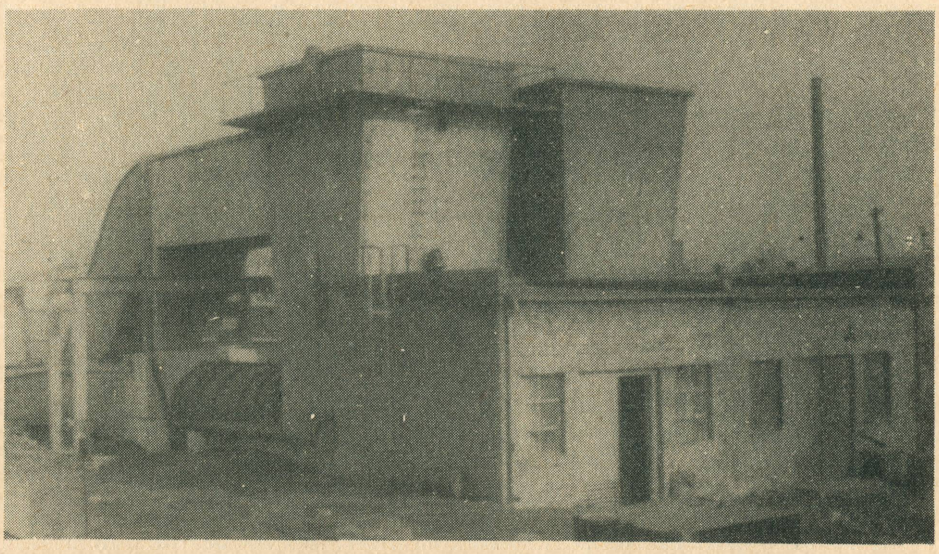
Fot. 9. Łożysko ślizgowe i łopatka wirnikowa wentylatora osiowego WOK-8pz



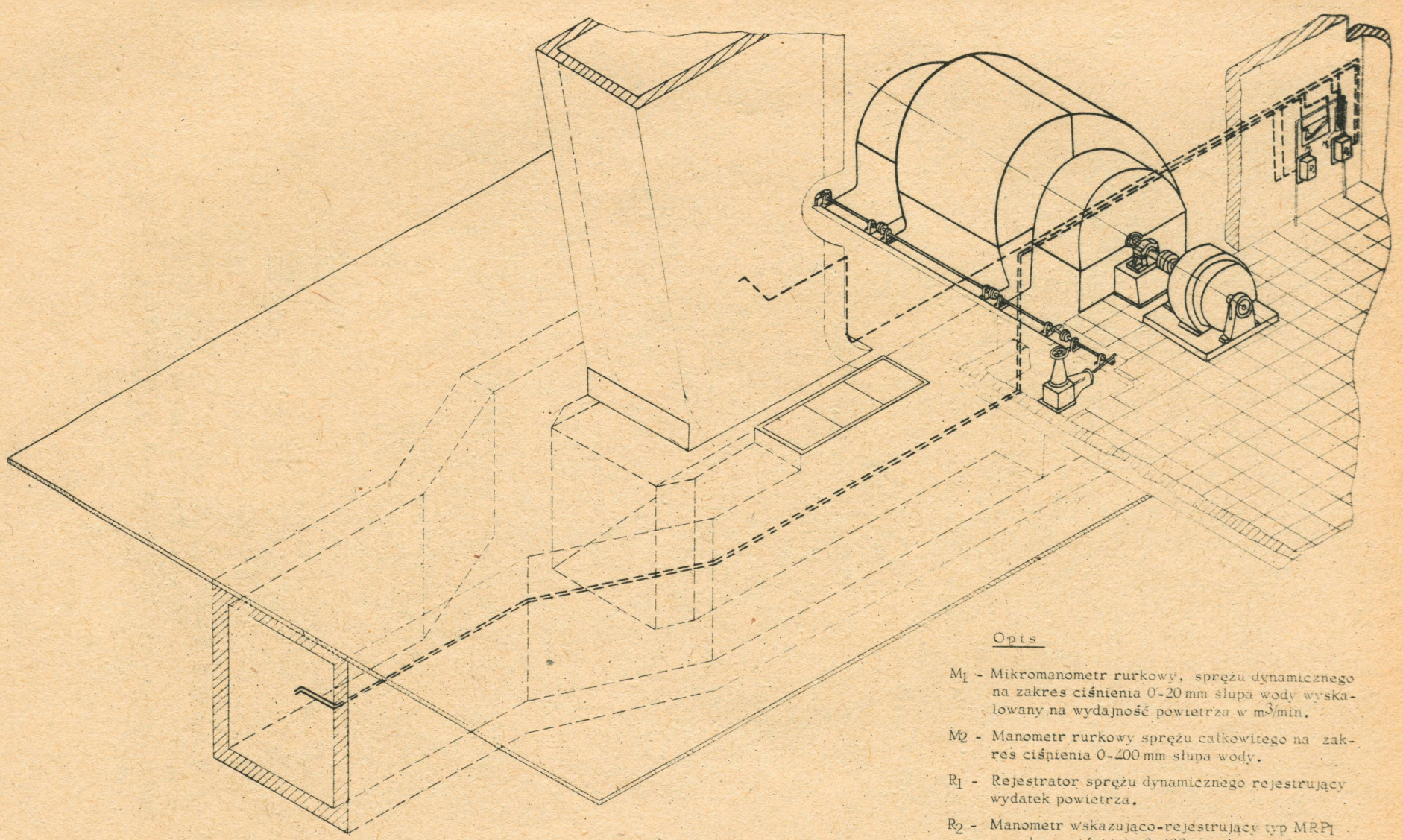
Fot. 10. Układ kierownic wentylatora WOK-8pz



Fot. 11. Wentylator osiowy WOK-8pz



Fot. 12. Wentylator osiowy WOK-8pz z napowietrznym kanałem rewersyjnym



Opis

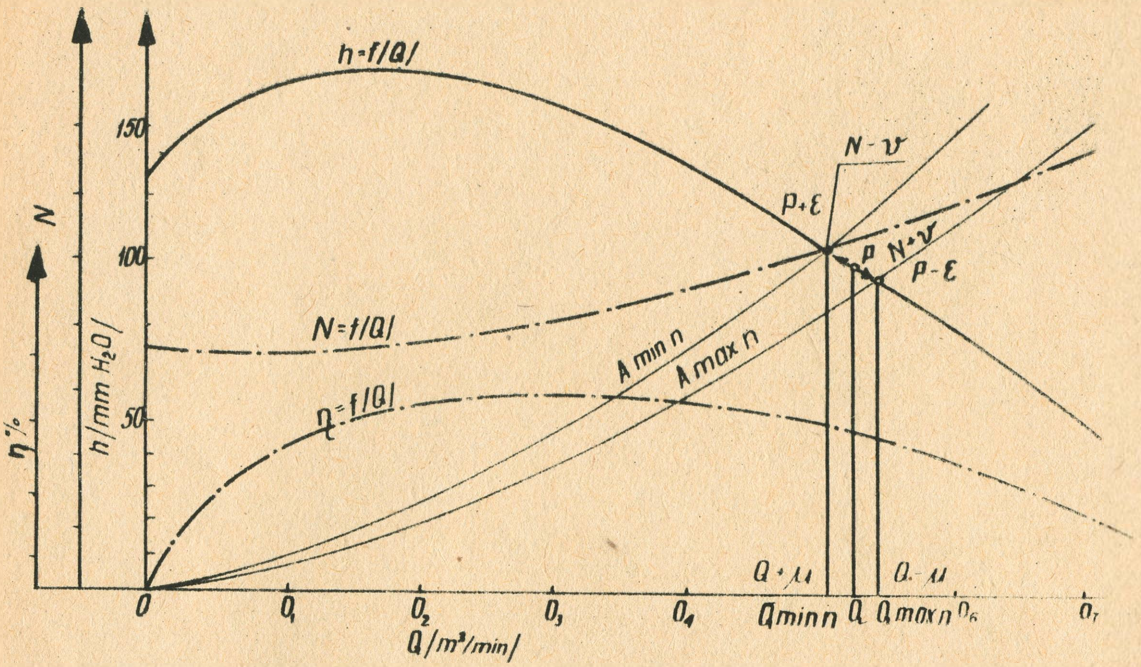
M_1 - Mikromanometr rurkowy, sprężu dynamicznego na zakres ciśnienia 0-20 mm słupa wody wyskalowany na wydajność powietrza w m^3/min.

M_2 - Manometr rurkowy sprężu całkowitego na zakres ciśnienia 0-400 mm słupa wody.

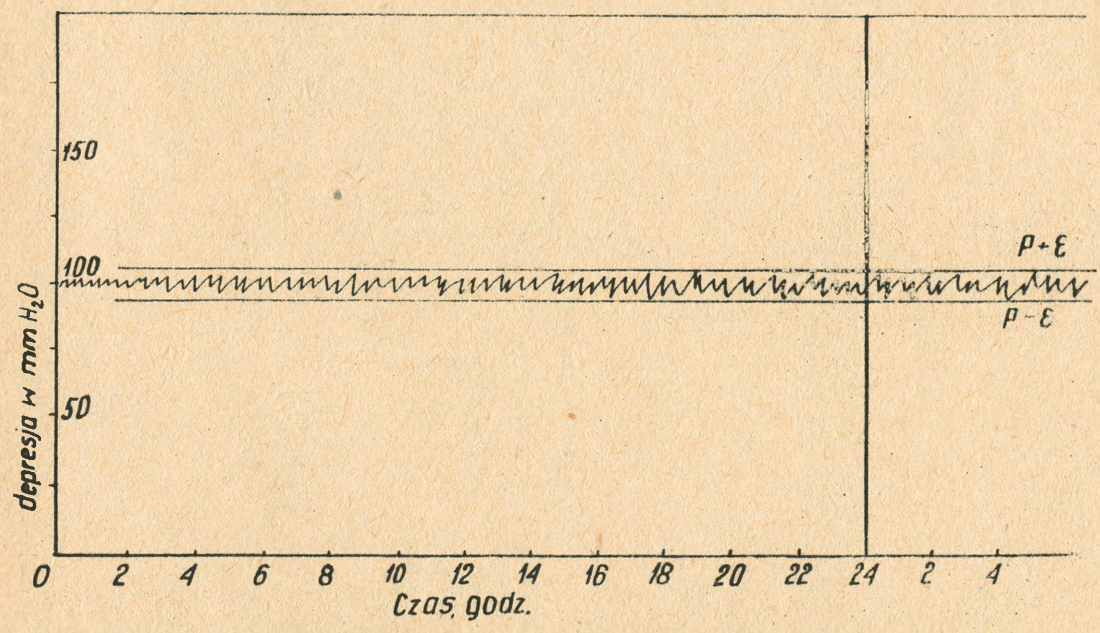
R_1 - Rejestrator sprężu dynamicznego rejestrujący wydatek powietrza.

R_2 - Manometr wskazująco-rejestrujący typ MRP1 na zakres ciśnienia 0-400 mm słupa wody.

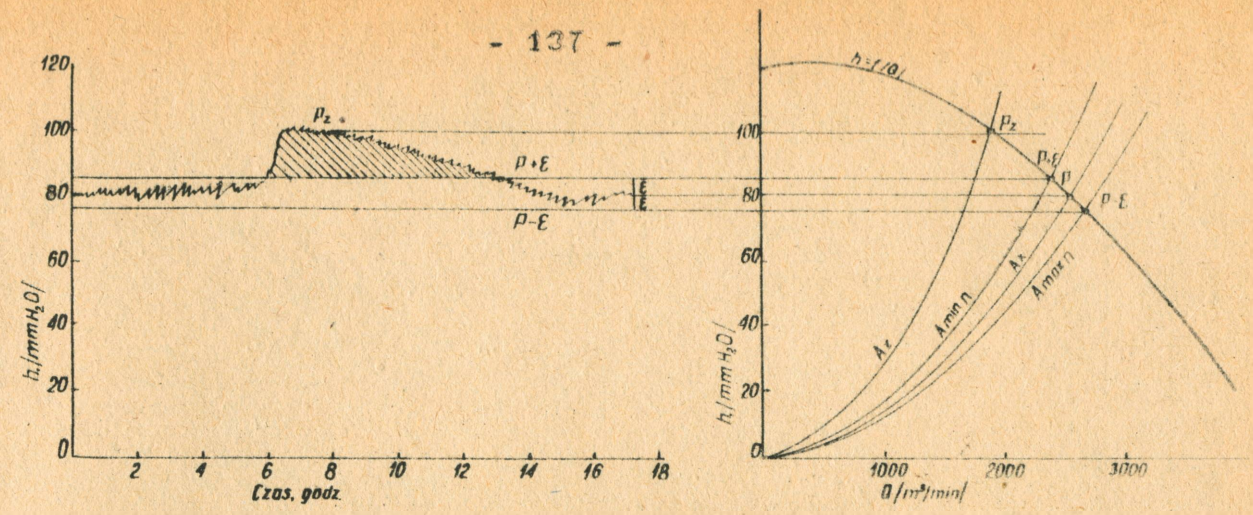
Rys.1 Schemat zainstalowania aparatury pomiarowej w wentylatorze promieniowym



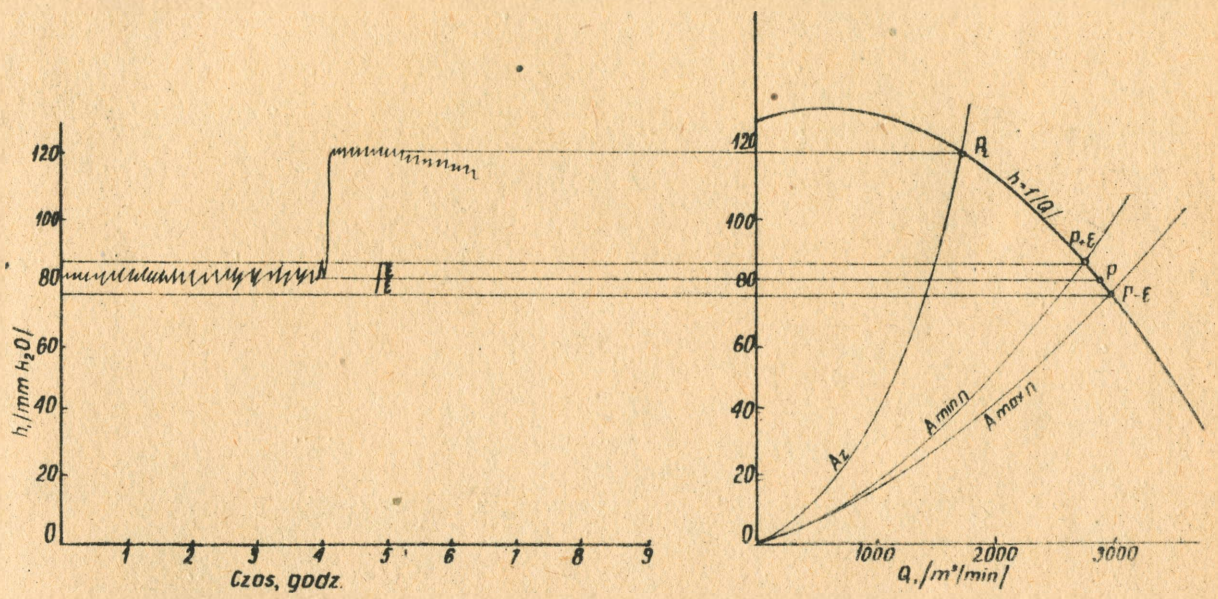
Rys. 2 Charakterystyka wentylatora



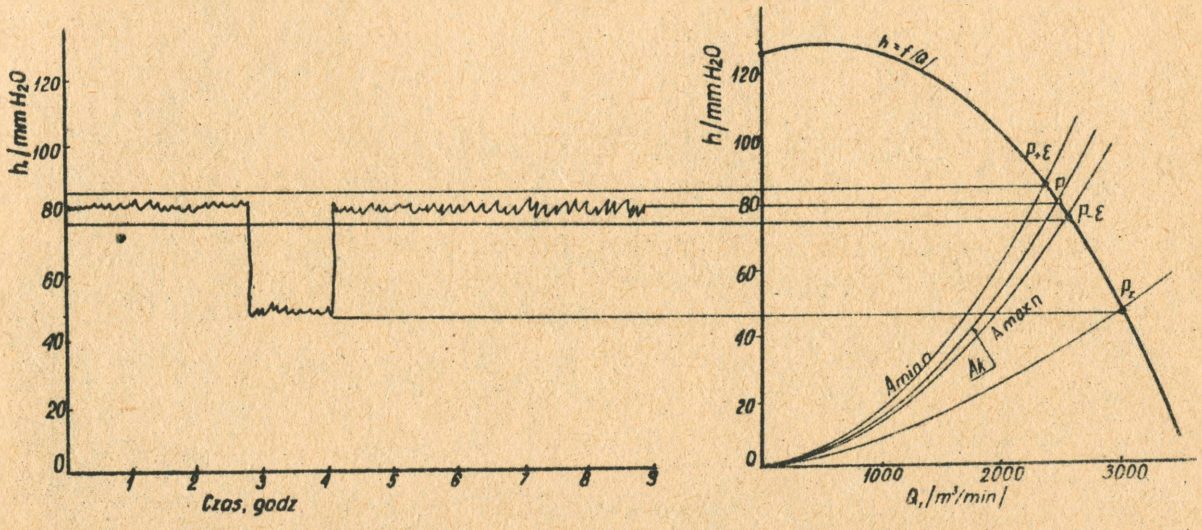
Rys. 3 Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza wentylatora głównego. Punkt pracy wentylatora $p = 100$ mm H_2O
Zakres normalnych zmian położenia punktów pracy wentylatora:
/100+5; 100-5/



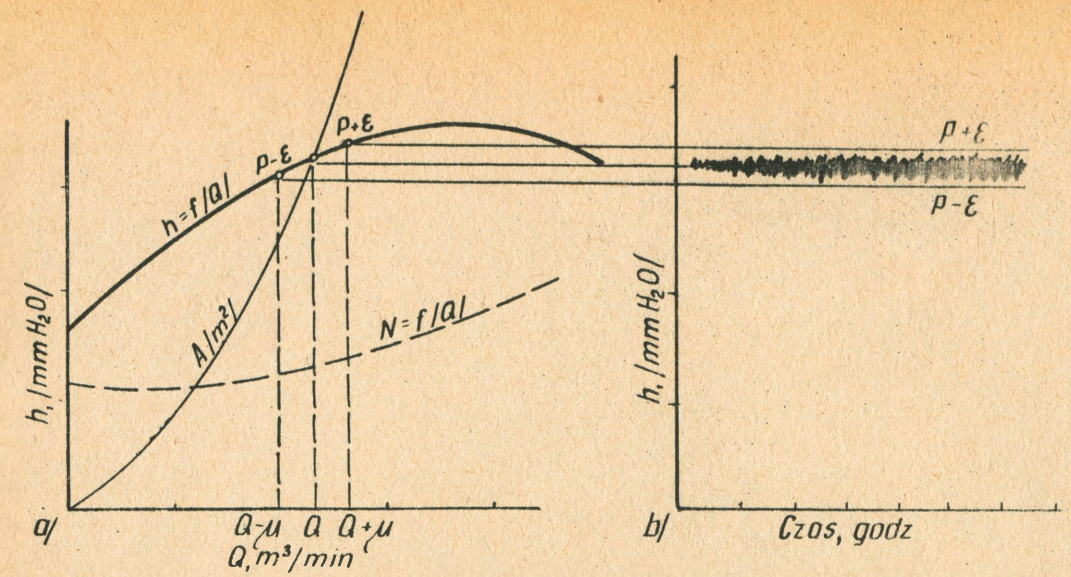
Rys.4 Wpływ tworzenia się korka podsadzkowego w wyrobisku na pracę wentylatora



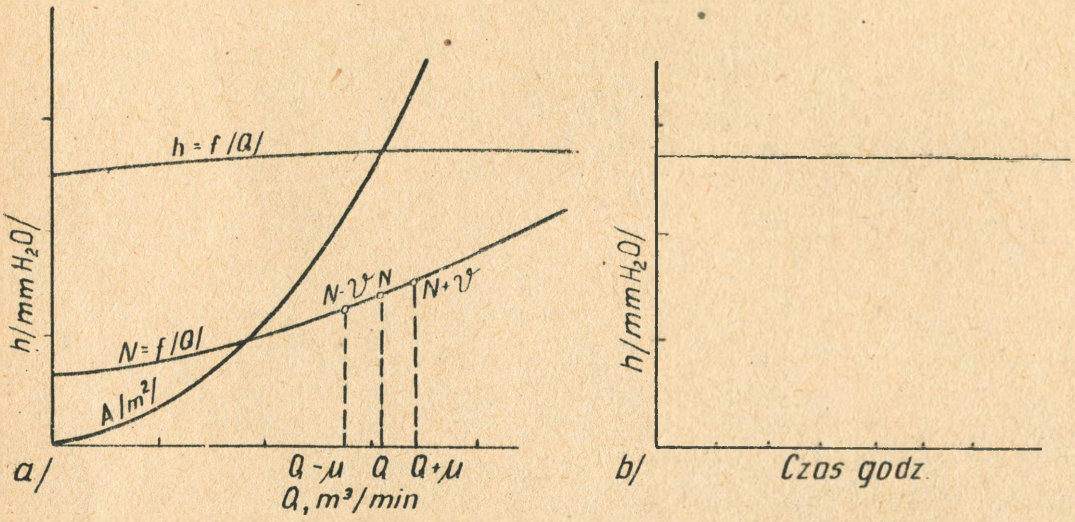
Rys.5 Wpływ na pracę wentylatora powstania obwału na drodze przepływu prądu powietrza



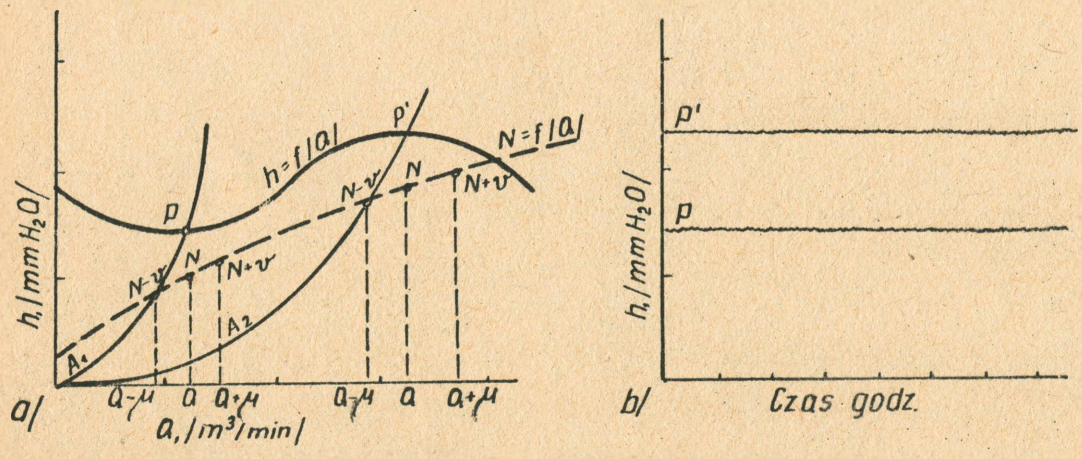
Rys.6 Wpływ na pracę wentylatora powstania krótkiego spięcia w sieci wentylacyjnej



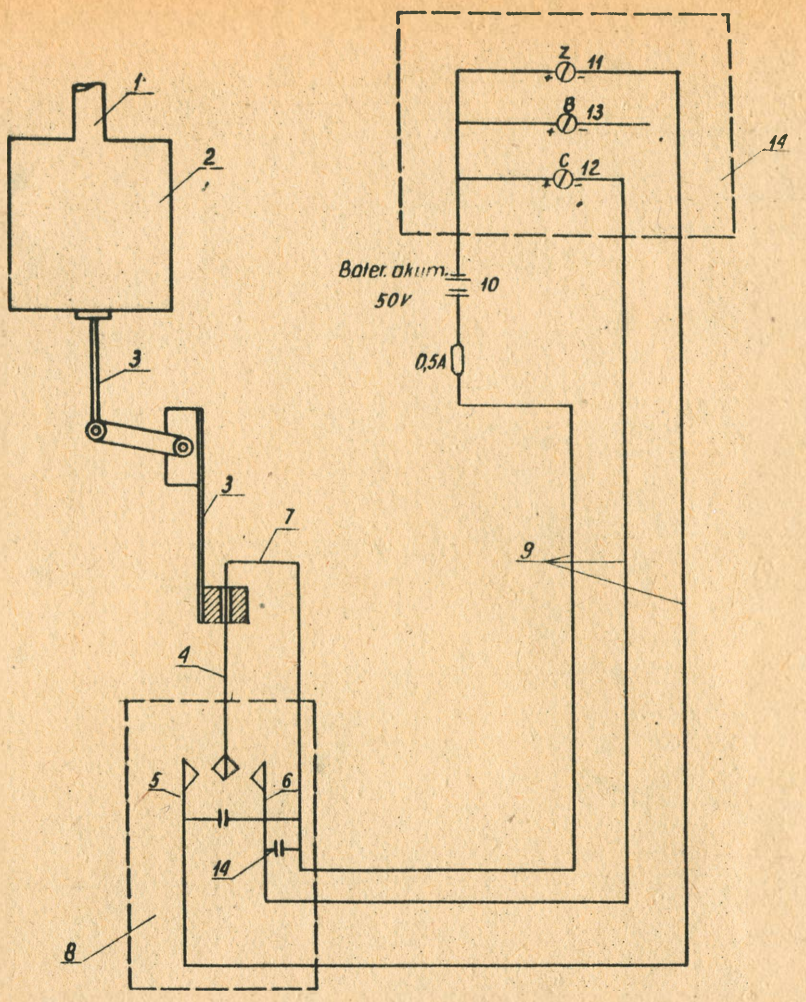
Rys. 7 a) Praca wentylatora na wznoszącej się części charakterystyki
b) Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza



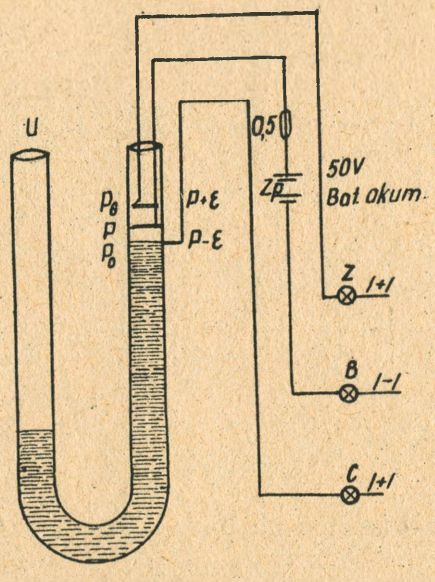
Rys. 8 a) Praca wentylatora na poziomej części charakterystyki
b) Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza



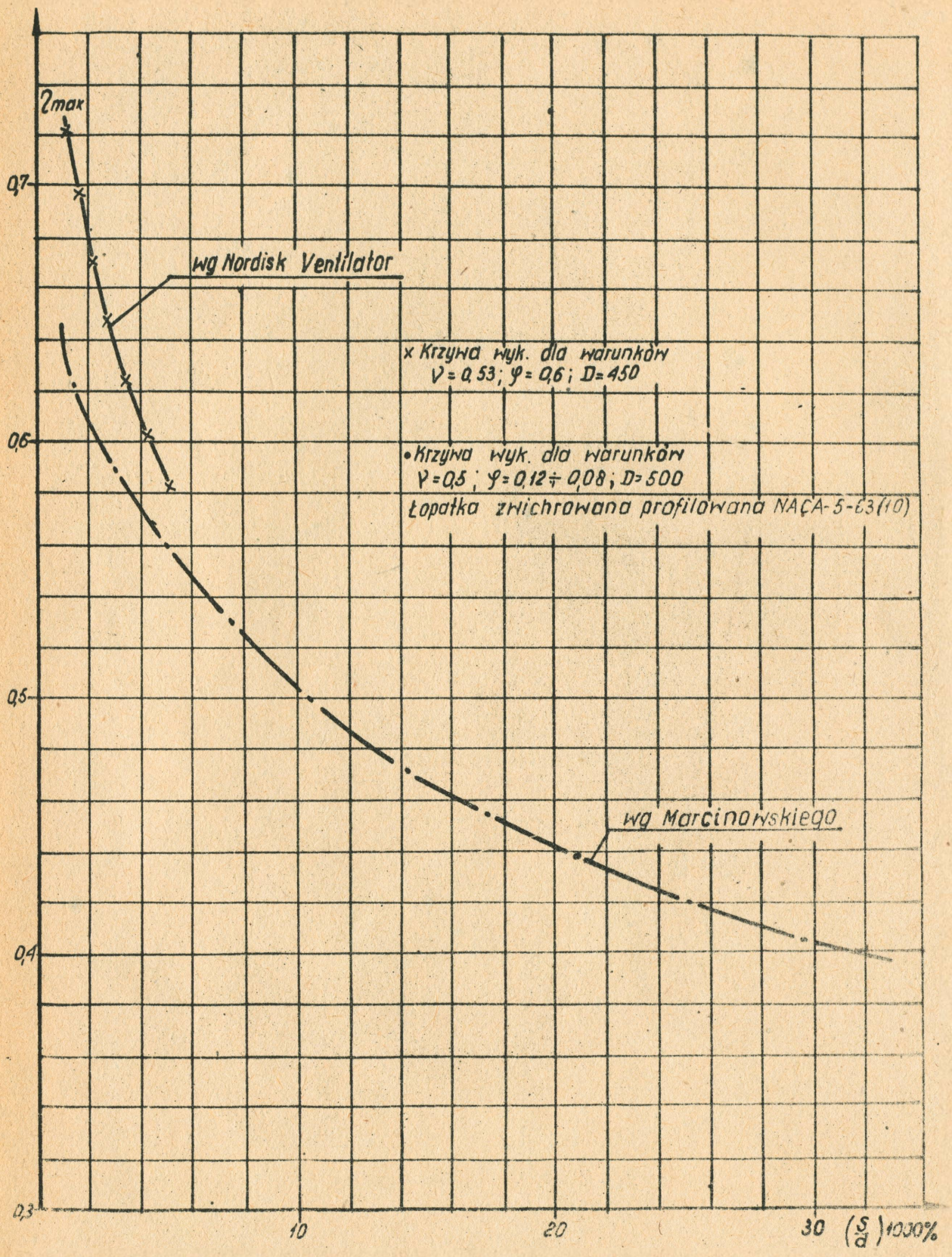
Rys. 9 a) Praca wentylatora we wklęsłej p i wypukłej p' części charakterystyki.
b) Wycinek diagramu z samopiszącego depresjomierza



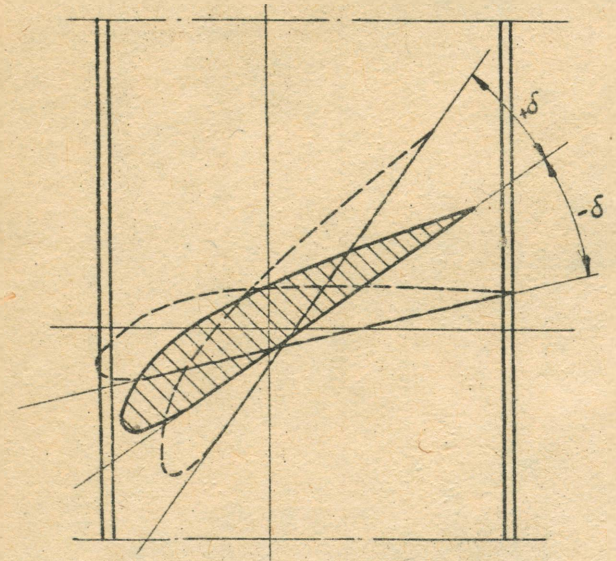
Rys.10 Schemat urządzenia do zdalnego sygnalizowania zaburzeń w sieci wentylacyjnej na podstawie zmian spiętrzenia wentylatora



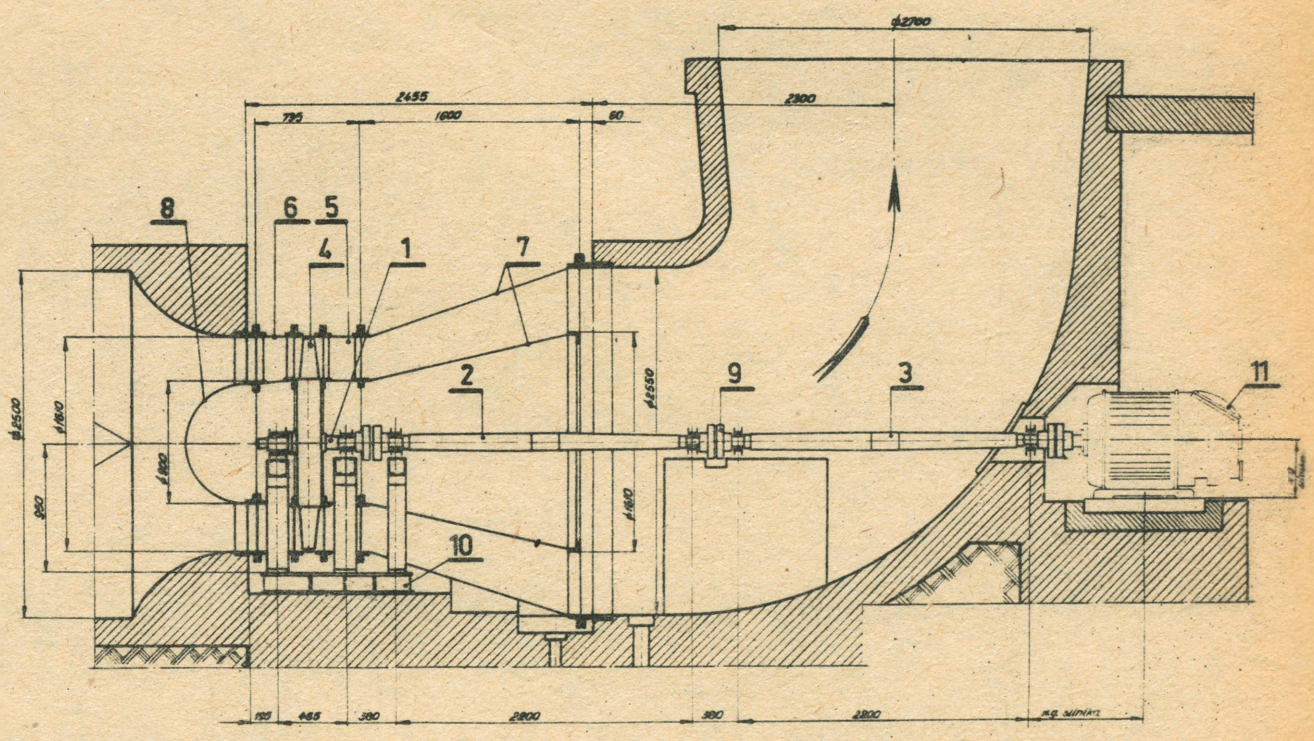
Rys.11 Schemat ideowy zdalnego sygnalizowania zaburzeń w sieci wentylacyjnej na podstawie zmian spiętrzenia wentylatora / manometr kontaktowy /



Rys. 12 Wpływ luzu promieniowego na sprawność wentylatora



Rys.13 Oznaczenie ujemnych i dodatnich kątów łopatek wirnikowych

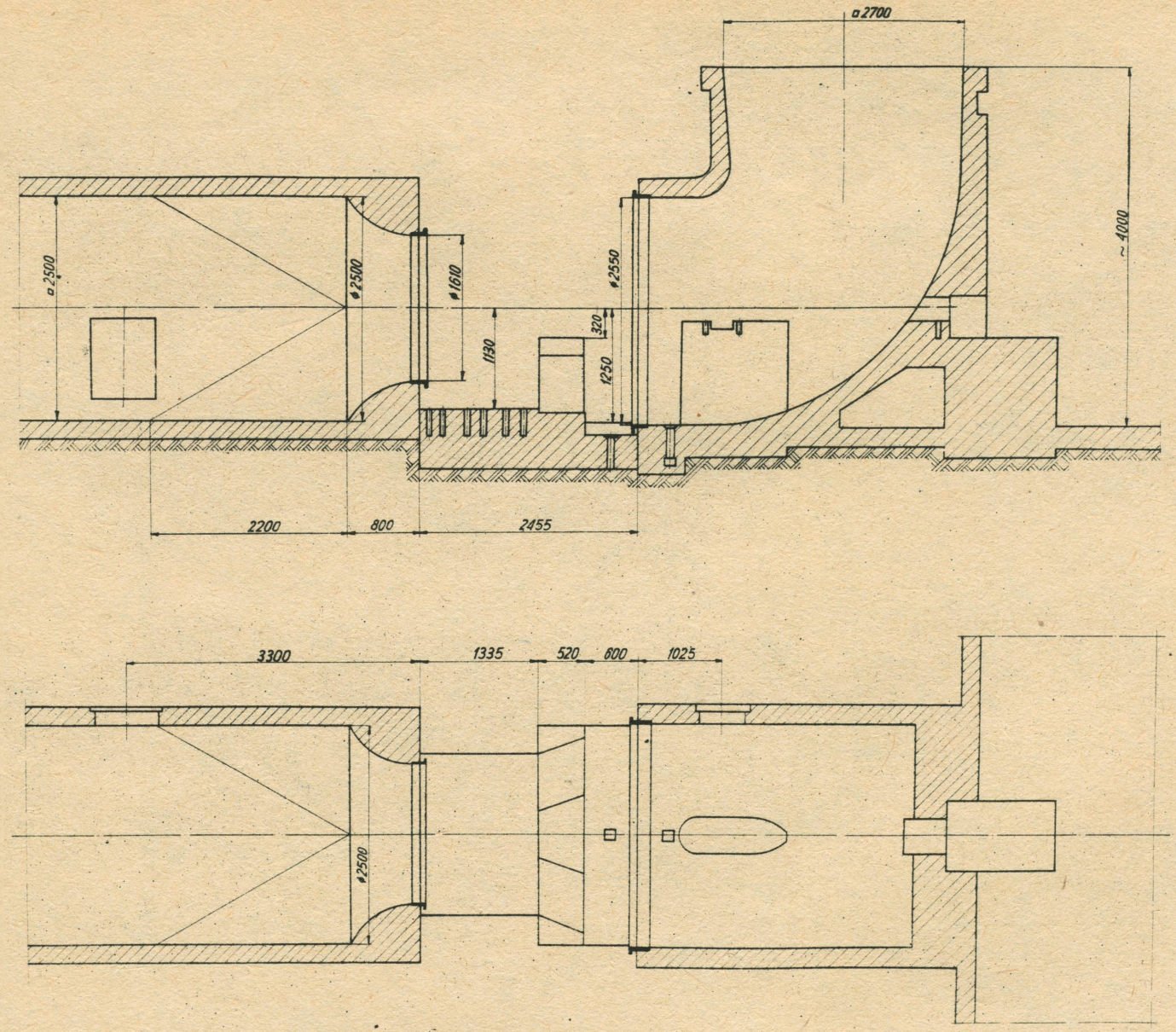


1. Wał główny
2. Wał pośredni
3. Wał pośredni
4. Wirnik
5. Człon kierowniczy
6. Człon przedni
7. Dyfuzor
8. Osłona przednia
9. Sprzęgła elastyczne
10. Rama fundamentowa
11. Silnik napędowy

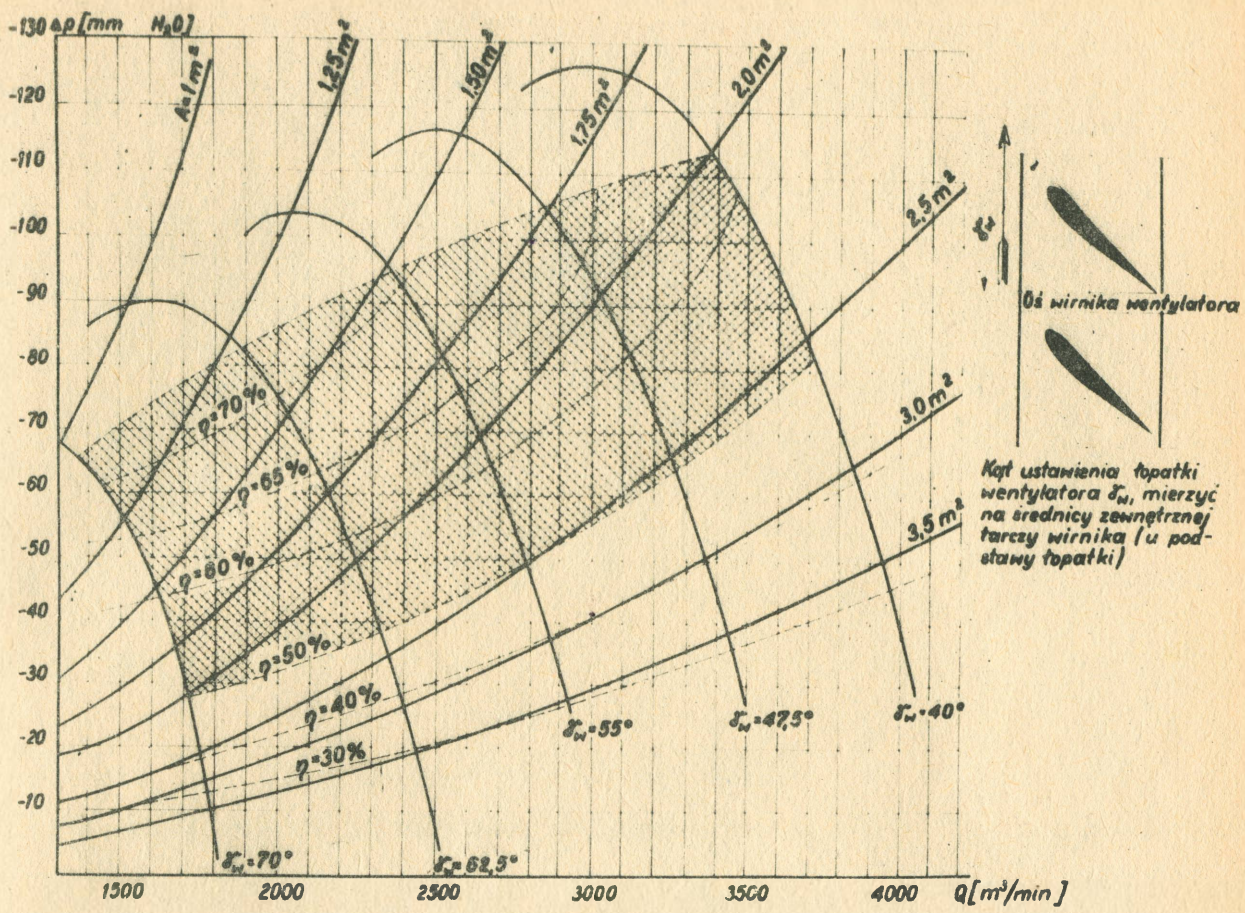
Parametry pracy wentylatora

Wydajność	Q = 2000 m^3/min
Depresja	H = 75 mm H_2O
Moc silnika	N = 60 kW
Napięcie	380 lub 500 V
Liczba obrotów	n = 970 1/min
Kąt ustawienia łopatek wirnikowych	α = 62°30'
Ciężar wentylatora	3700 kG

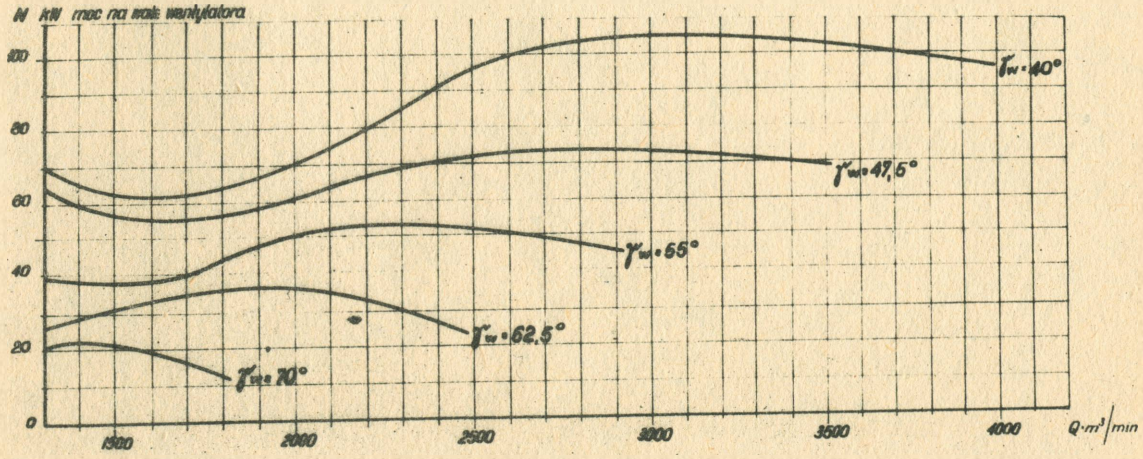
Rys.14 Wentylator osiowy WOK-2jc



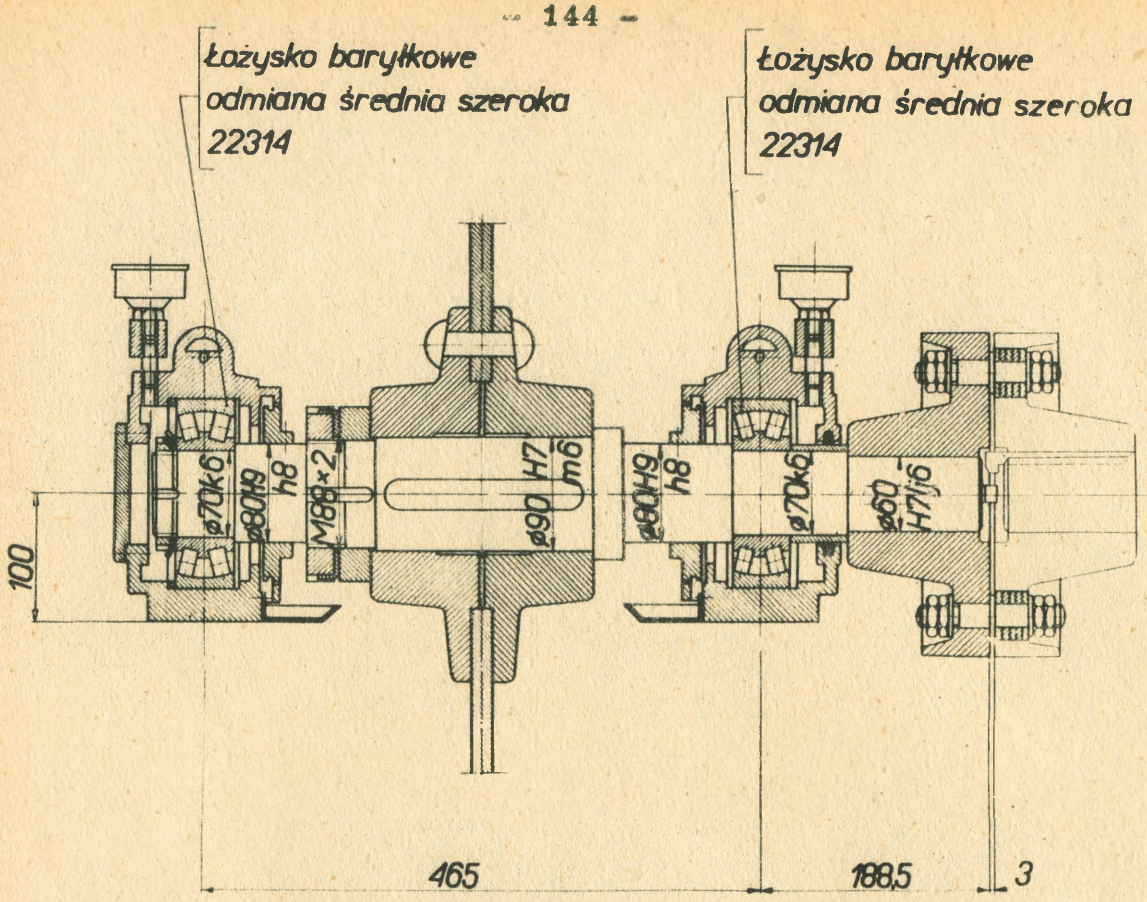
Rys. 15 Korona fundamentu wentylatora WOK-2jc



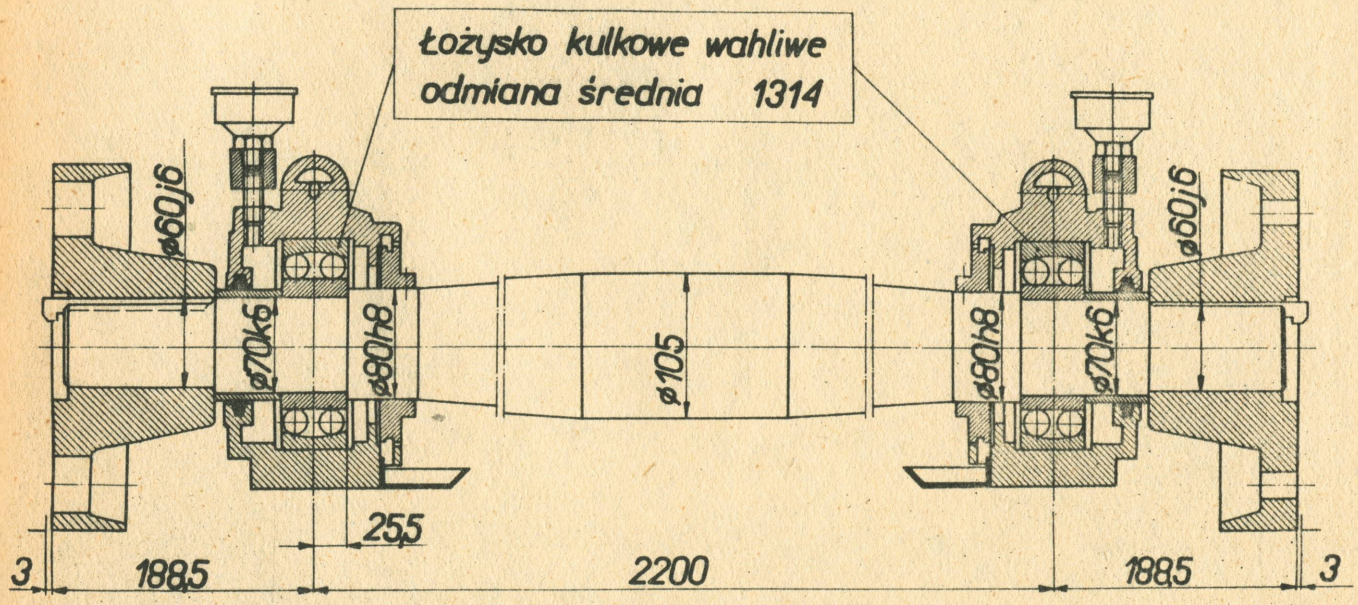
Rys. 16 Charakterystyka wentylatora WOK-2jc dla 12 łopatek wirnikowych



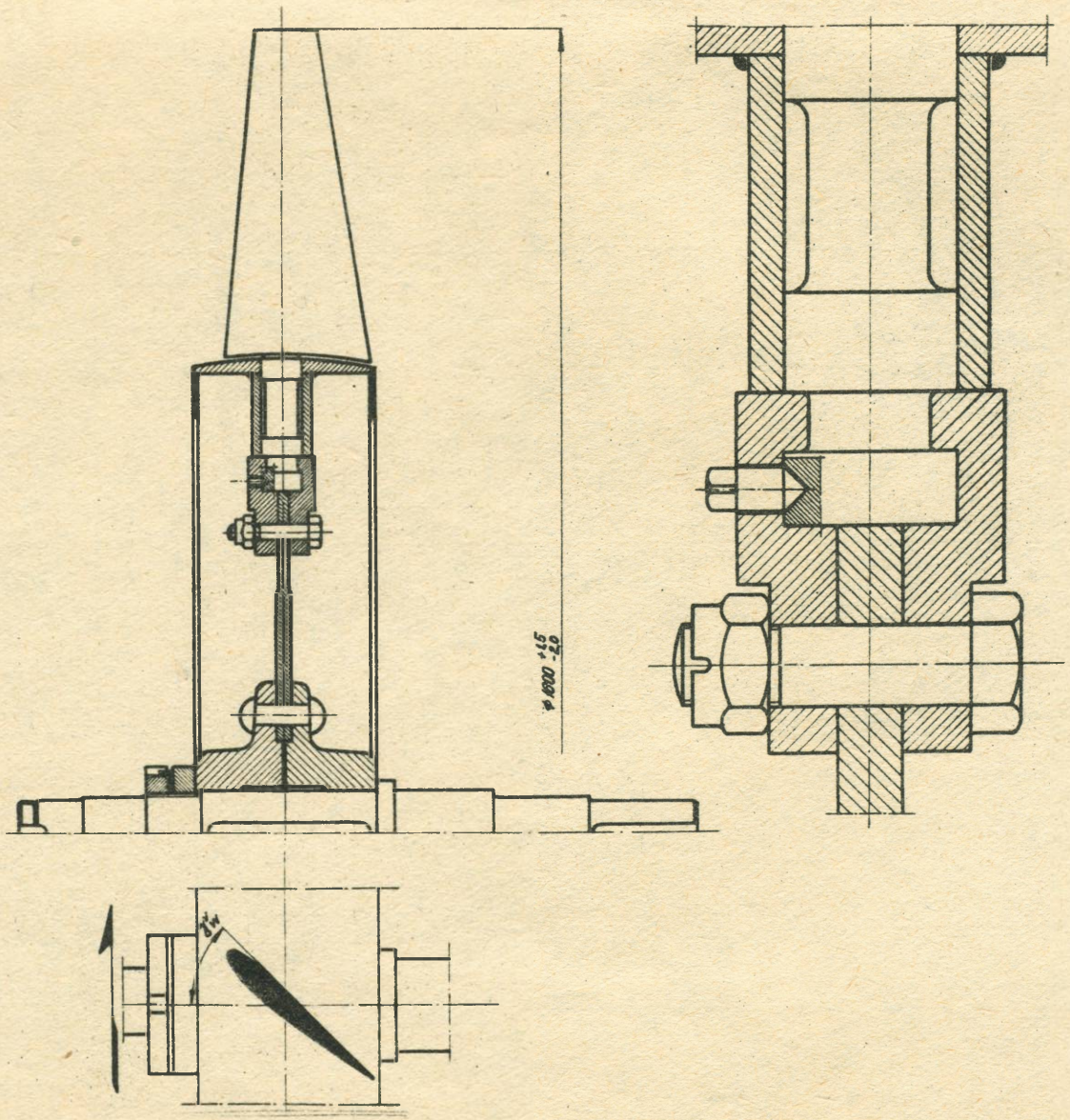
Rys. 17 Wykres mocy wentylatora WOK-2jc dla 12 łopatek wirnikowych



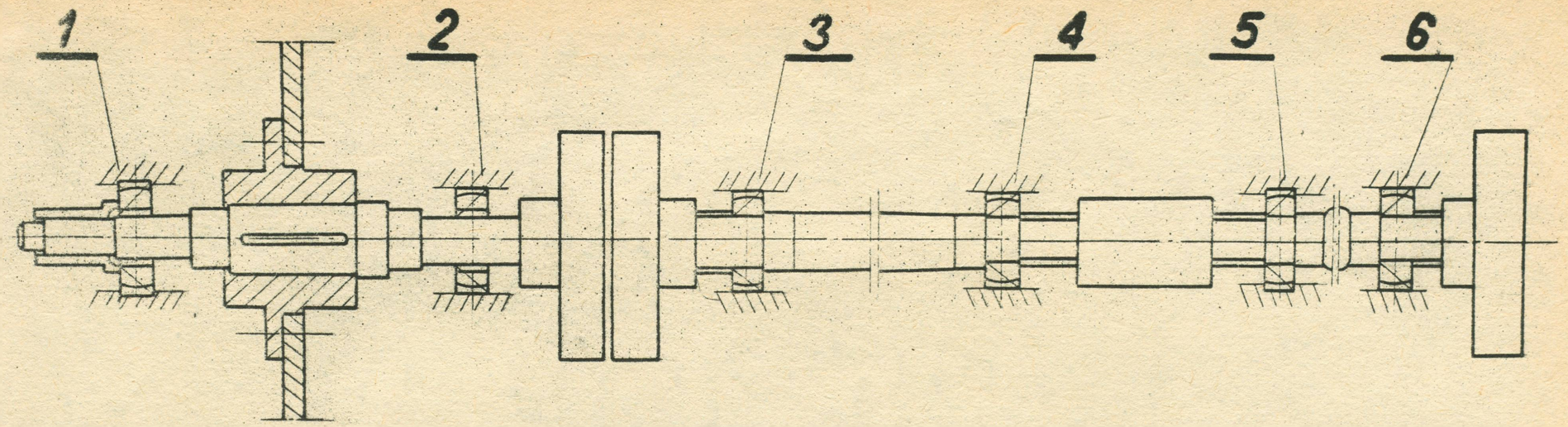
Rys.18 Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-2jc



Rys.19 Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-2jc

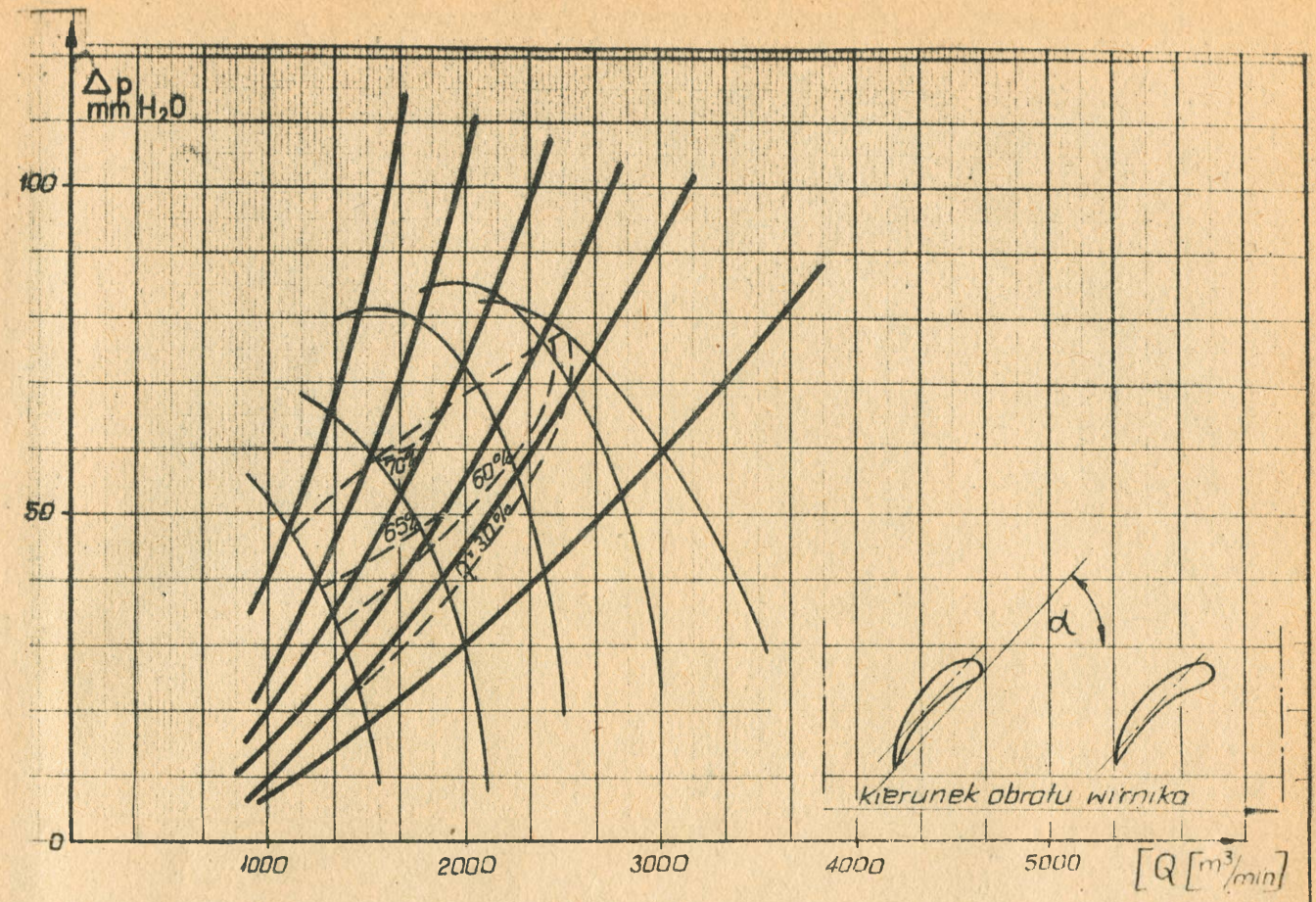


Rys. 20 Zespół wirujący wentylatora WOK-2jc

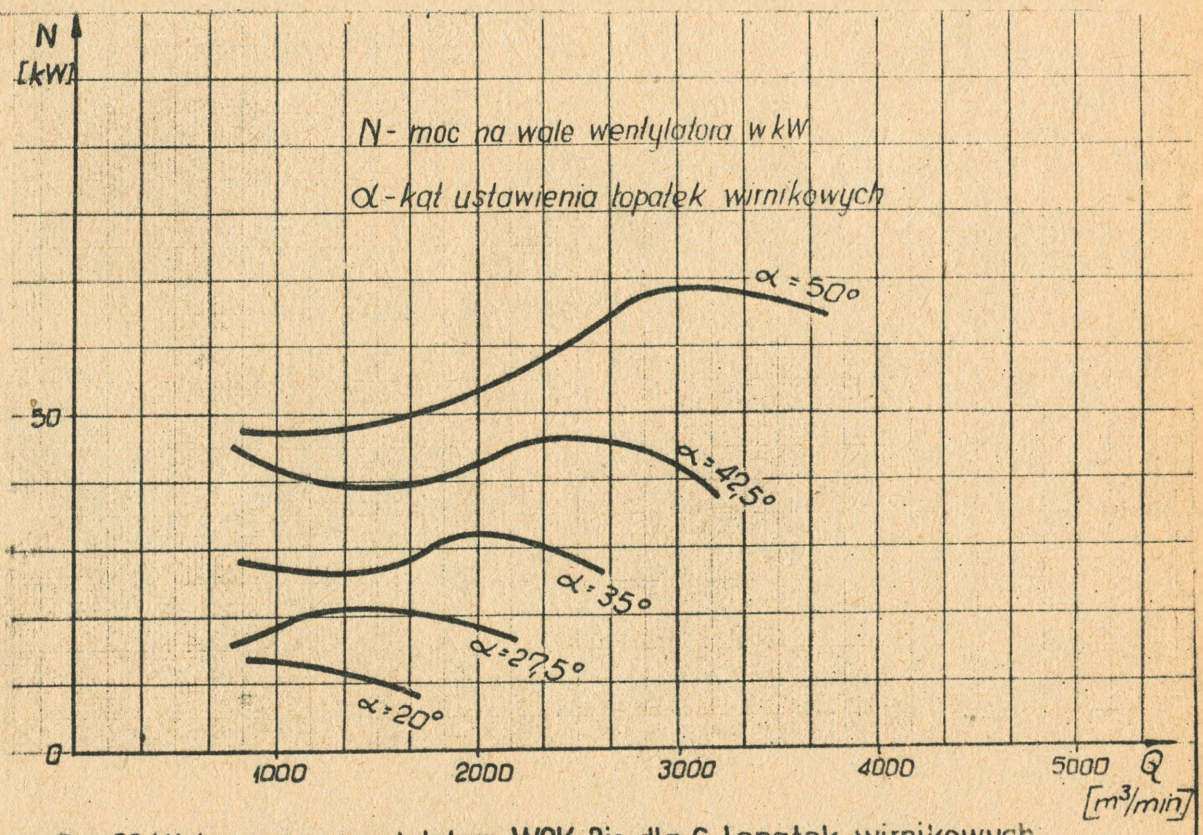


Wentylator WOK 2jc seria II	Nr zestaw. W64-1 Nr rys. napędu W0-26a	Łożyska Poz.	Nr zestawienia	Nr katalogowy łożyska Przeznaczenie	Rodzaj rozwiązania	Smar Rodzaj smaru	Okres smarowania
Wał główny nr rys. W0-11a poz. 2 Sprzęgło wału gł. zestawienie W0 na rys. W0-26a części wg wykazu W26a str 7/8		1	Na rys. W026a części wg wykazu W0w26 str 3/8 bez łożyska 51214 i zmiana poz. 72	22314 obciążenie osiowe i promieniowe	Kadłub łożyska bez podziału, smarowanie smarownicą kapturową	ŁT2	2 miesiące
		2	Na rys. W0-26a części wg wykazu W0w 26 str. 4/8	22314 - nieustalone obciążenie promieniowe	—— 11 ——	ŁT2	2 miesiące
Wały napędowe: W011a poz. 1 Sprzęgło wału napędowego: zestawienie na rys. W0-26a, części wg wykazu W0W26 str. 6/8. Sprzęgło do silnika: takie same jak sprzęgło wału głównego		3	Na rys. W0-26a części wg wykazu W0w 26 str. 5/8	—— 11 ——	Kadłub łożyska dzielony w płaszczyźnie poziomej smarowanie smarownicą kapturową	ŁT2	2 miesiące
		4	Na rys. W0-26a części wg wykazu W0w 26 str. 5/8	—— 11 ——	—— 11 ——	ŁT2	2 miesiące
		5	Na rys. W0-26a części wg wykazu W0w 26 str. 3/8	2314 - ustalone obciążenie promieniowe	—— 11 ——	ŁT2	2 miesiące
		6	Na rys. W0-26a części wg wykazu W0w 26 str. 5/8	2314 - nieustalone obciążenie promieniowe	—— 11 ——	ŁT2	2 miesiące

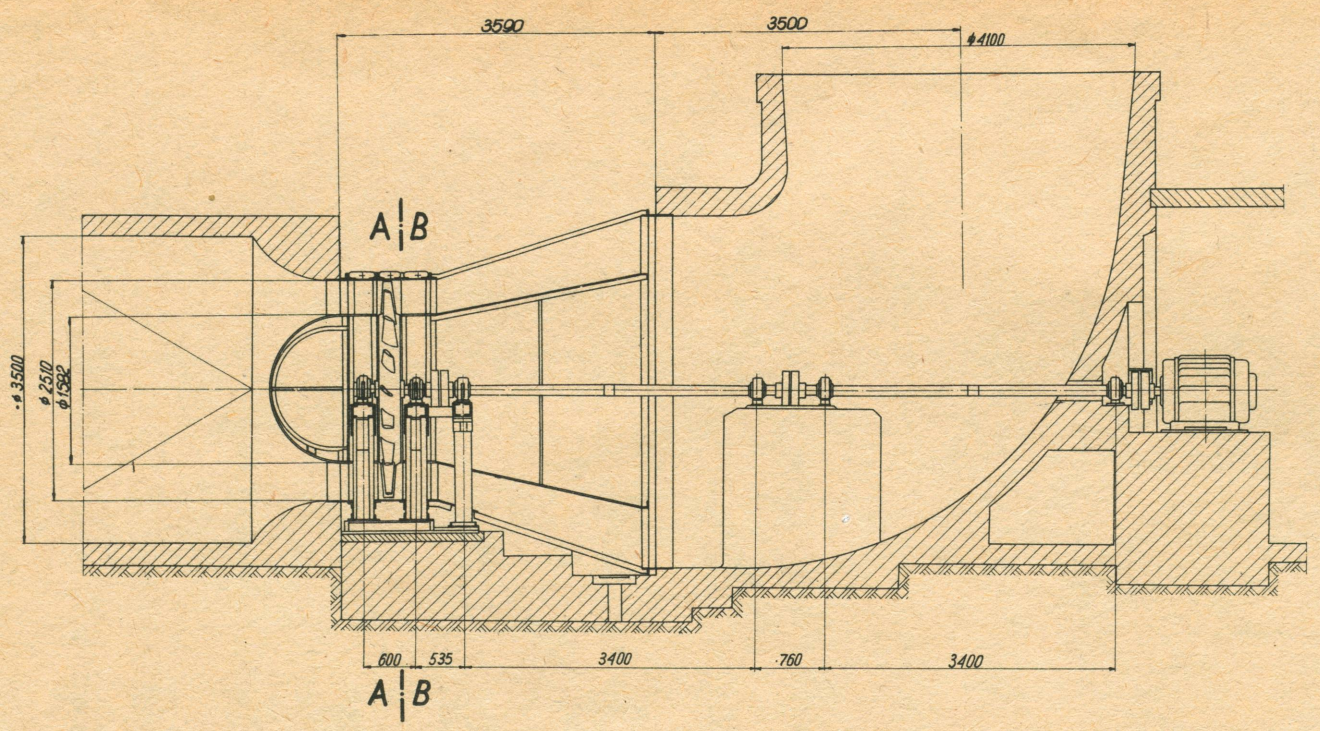
Rys. 21 Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-2jc

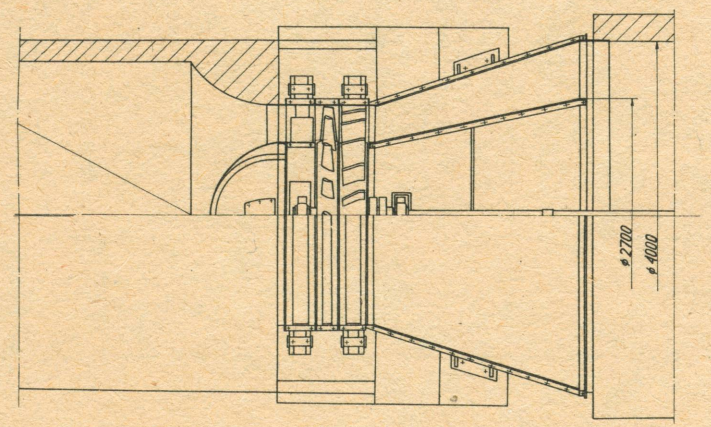


Rys.22 Charakterystyka wentylatora WOK-2jc dla 6 łopatek wirnikowych

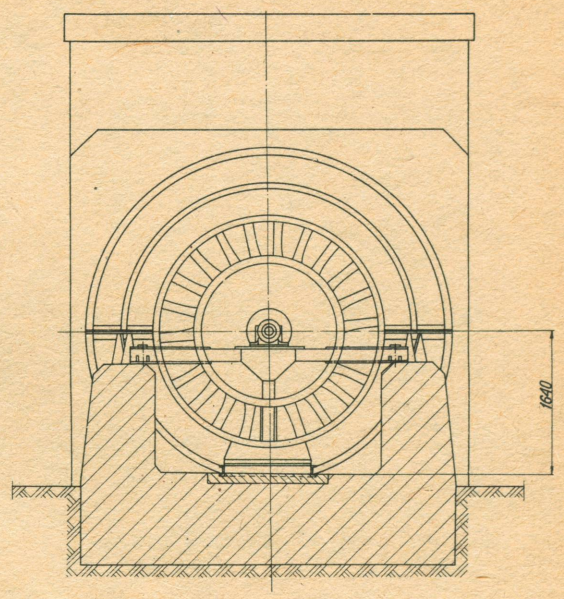


Rys.23 Wykres mocy wentylatora WOK-2jc dla 6 łopatek wirnikowych

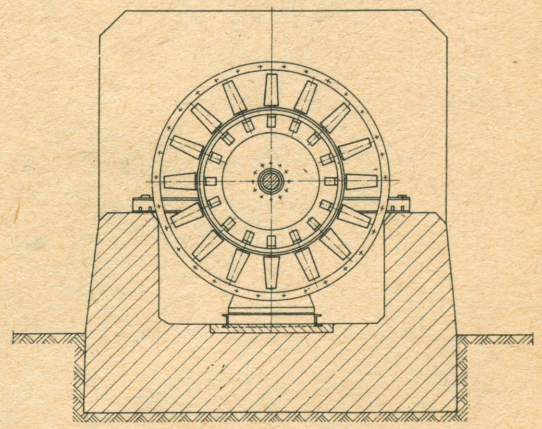




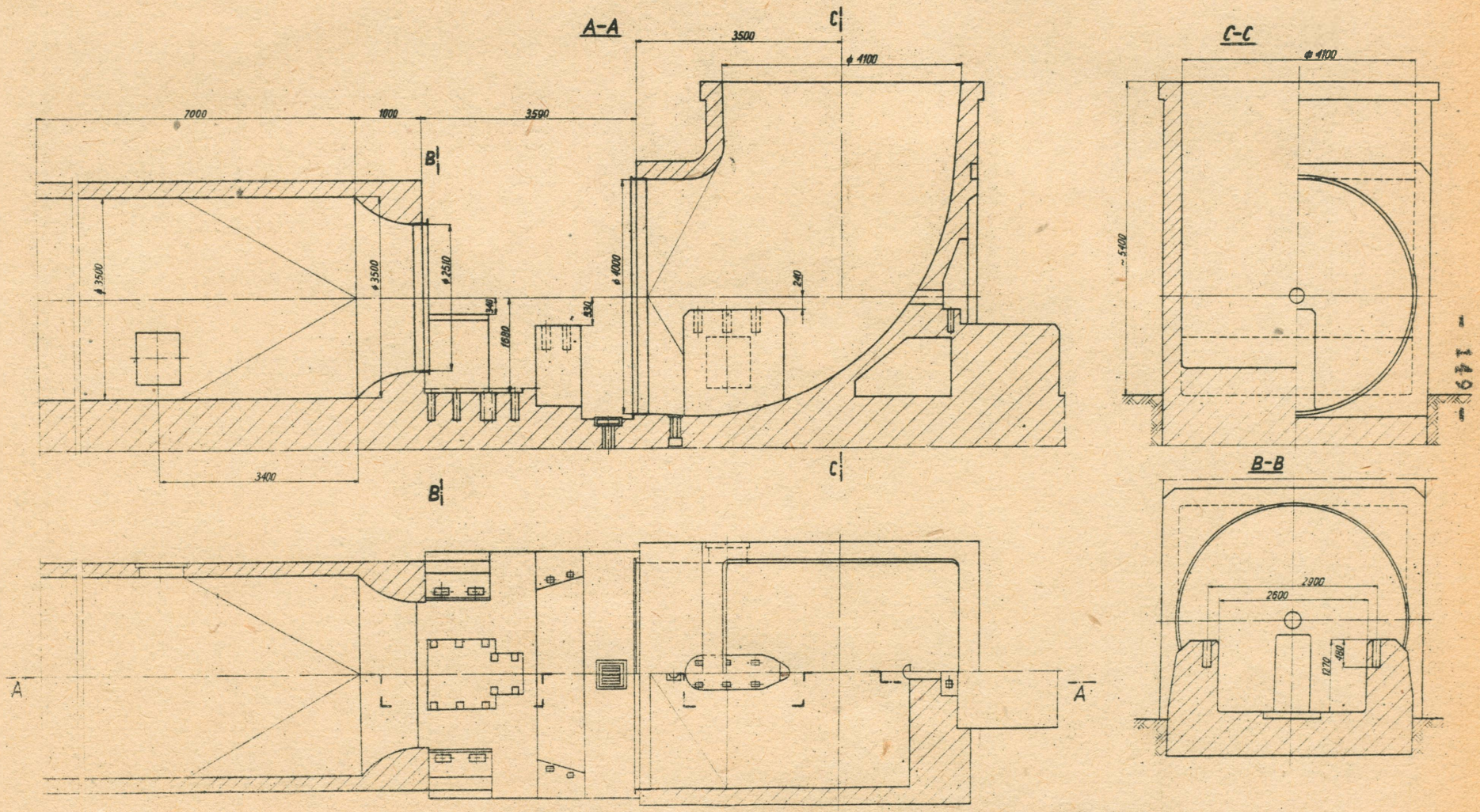
A-A



B-B

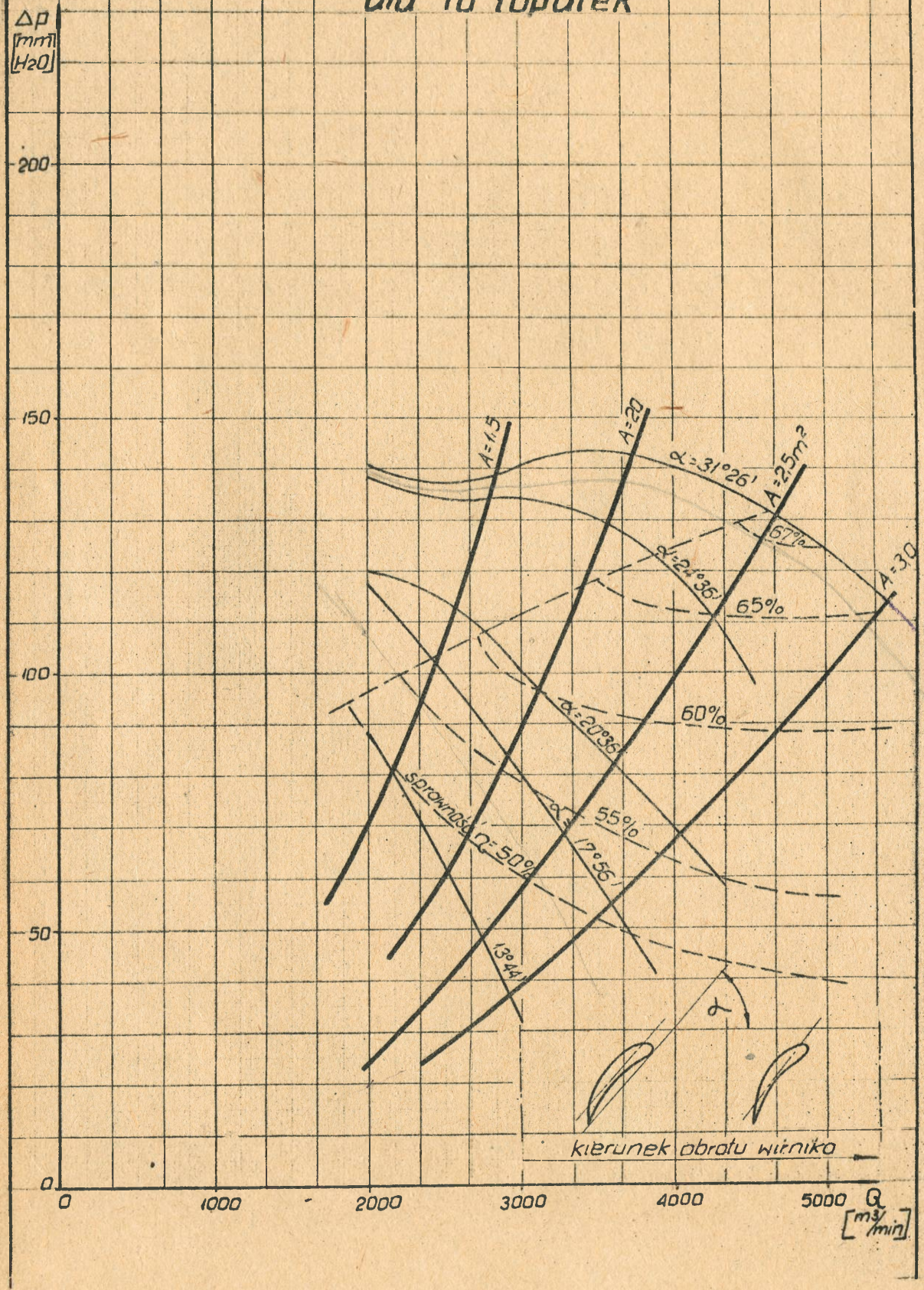


Rys. 24
Wentylator osiowy WOK-4j



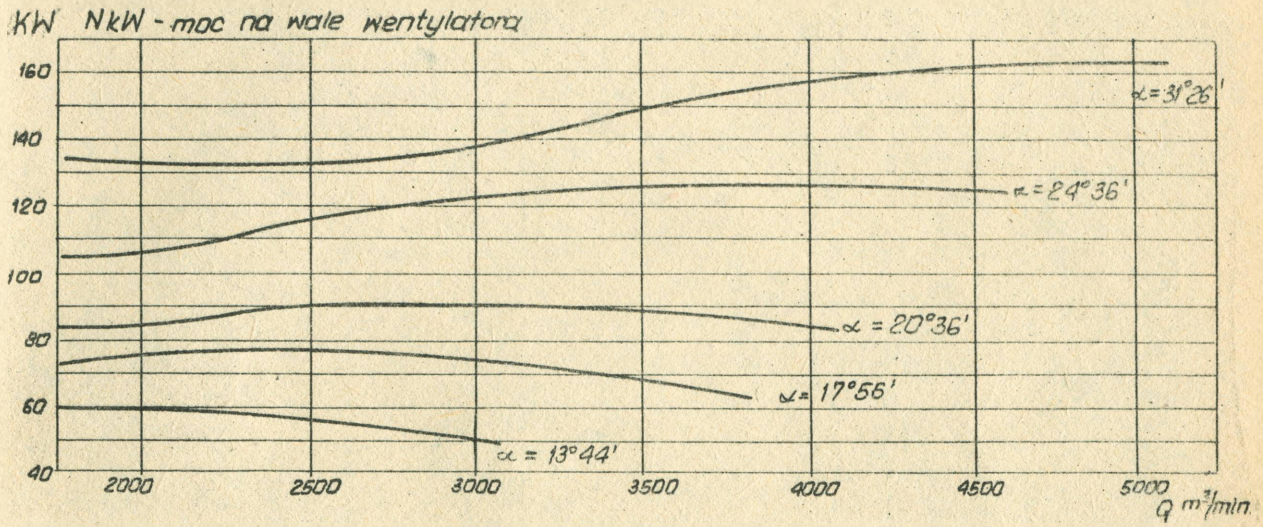
Rys. 25 Korona fundamentu wentylatora WOK-4j

Rys. 26 Charakterystyka wentylatora WOK-4j dla 16 łopatek

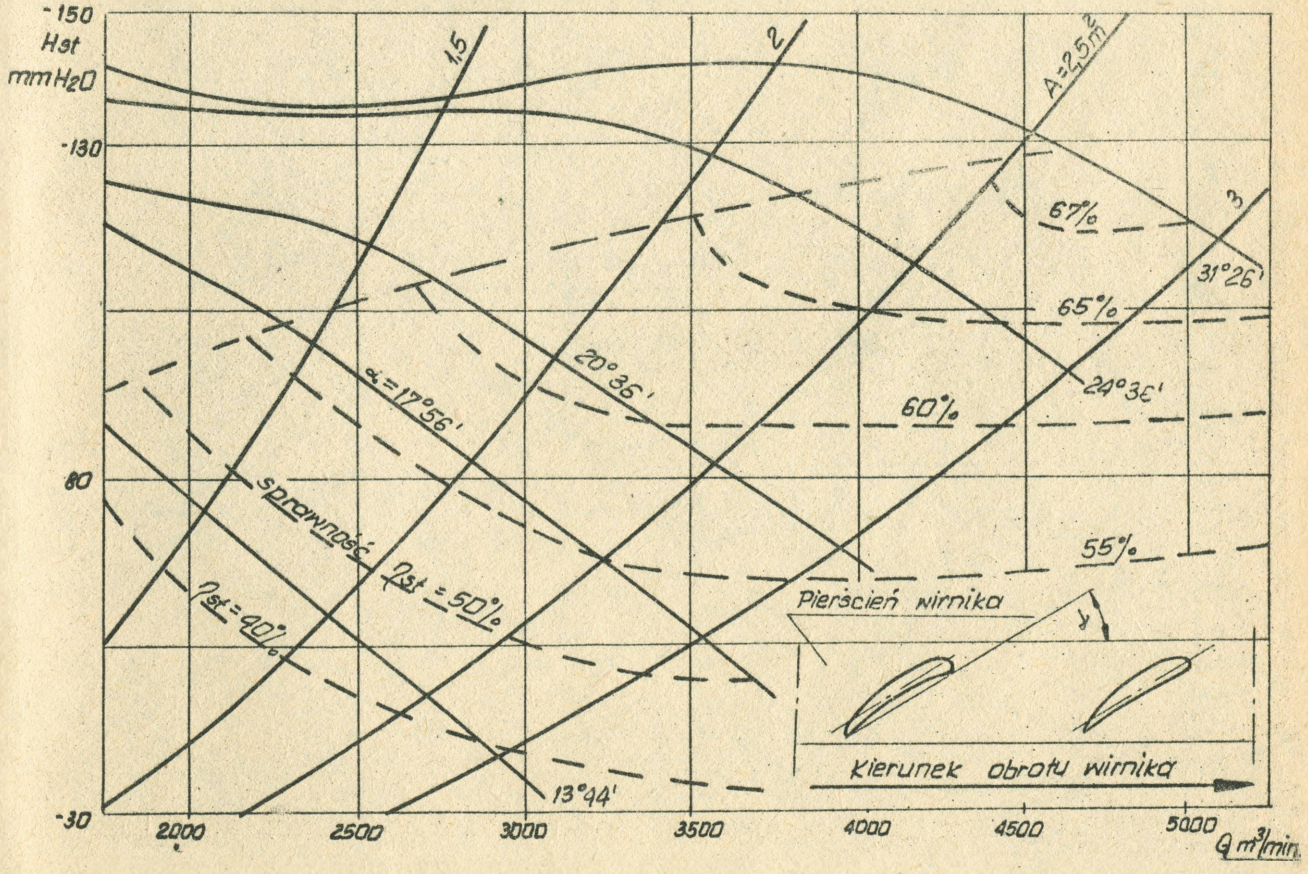


Rys. 27 Charakterystyka wentylatora WOK-4j

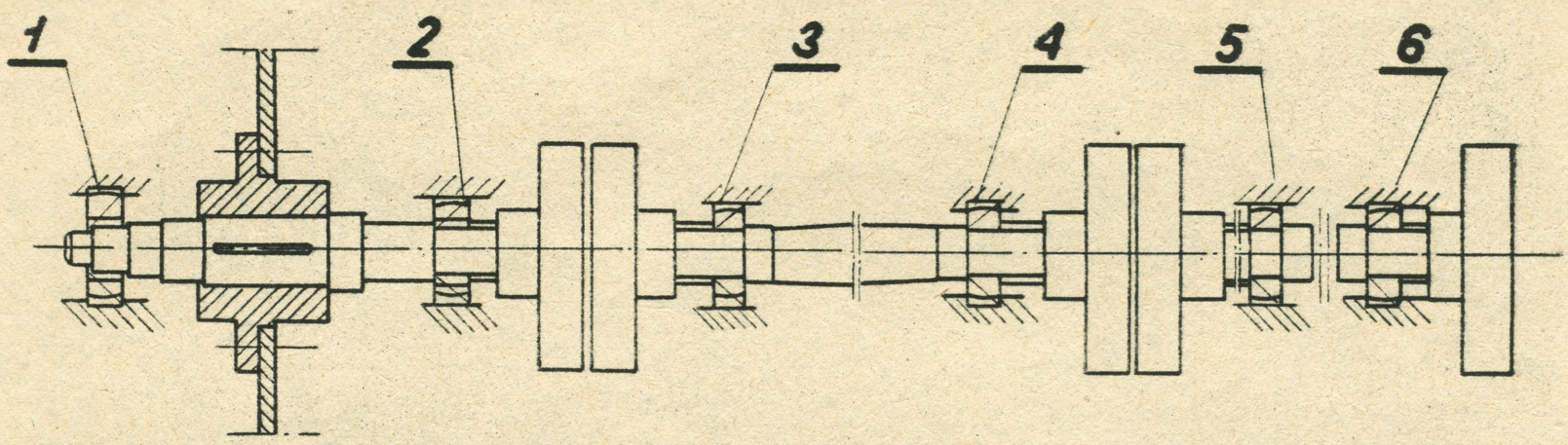
Wykres mocy



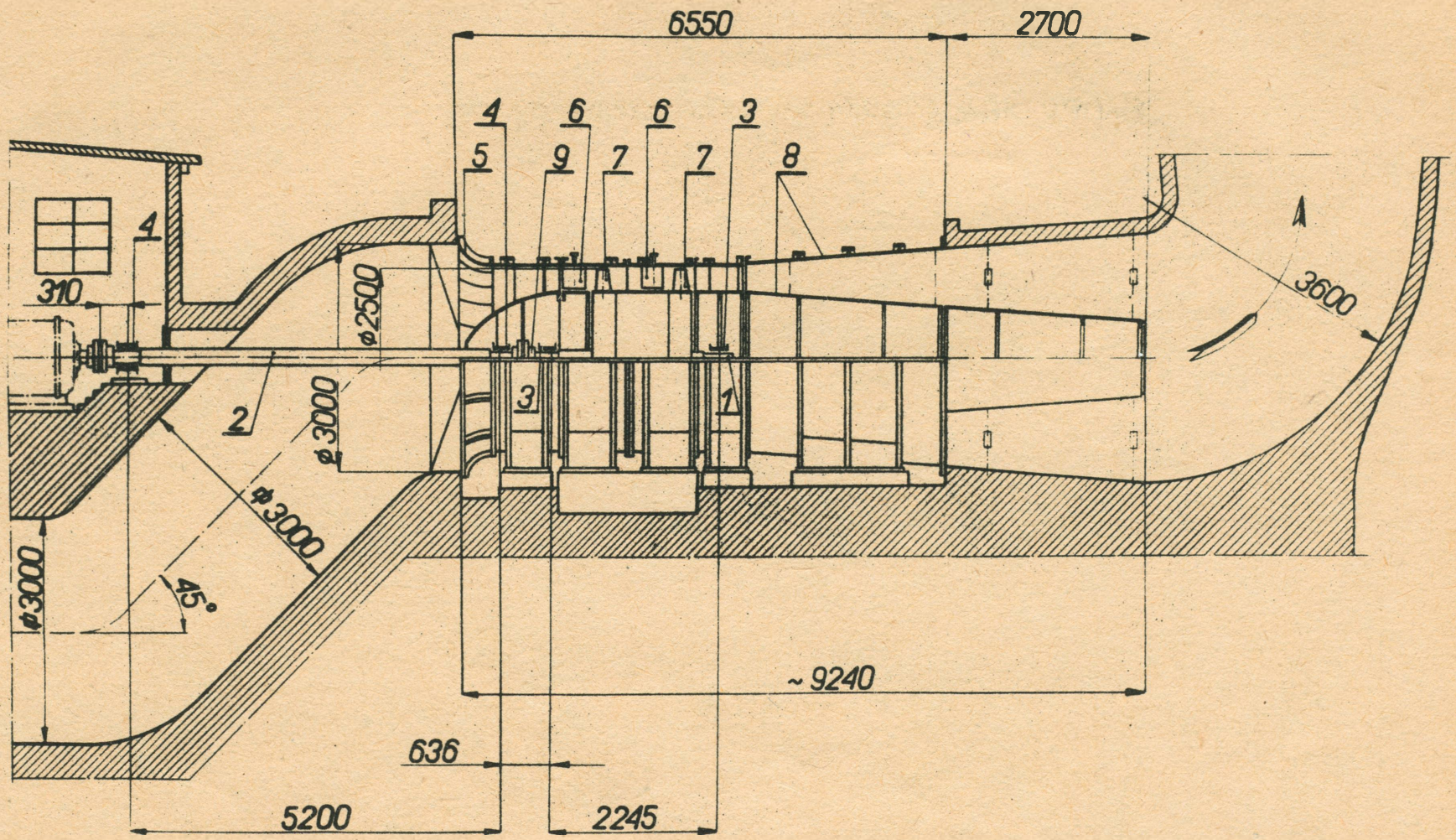
Wykres wydajności i depresji



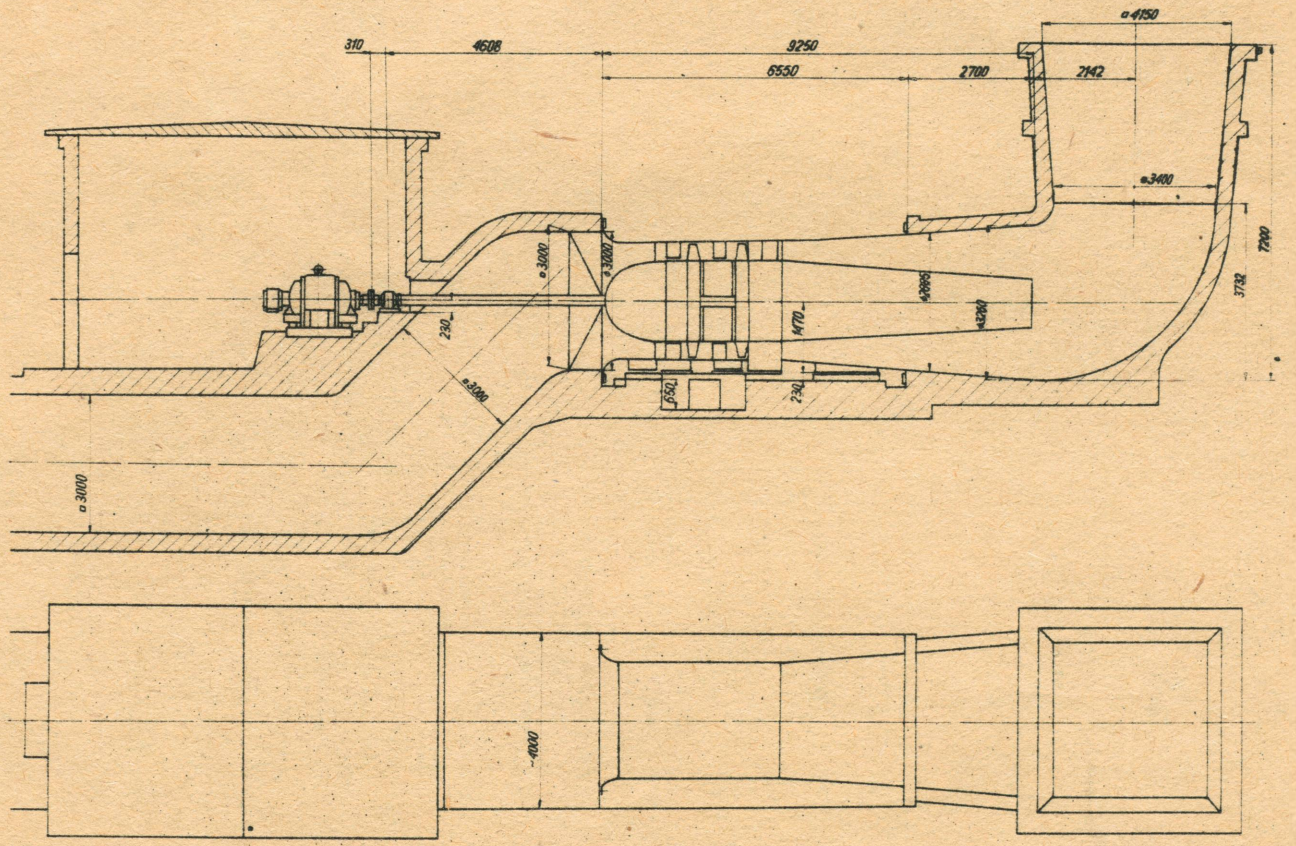
Rys.28 Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-4j



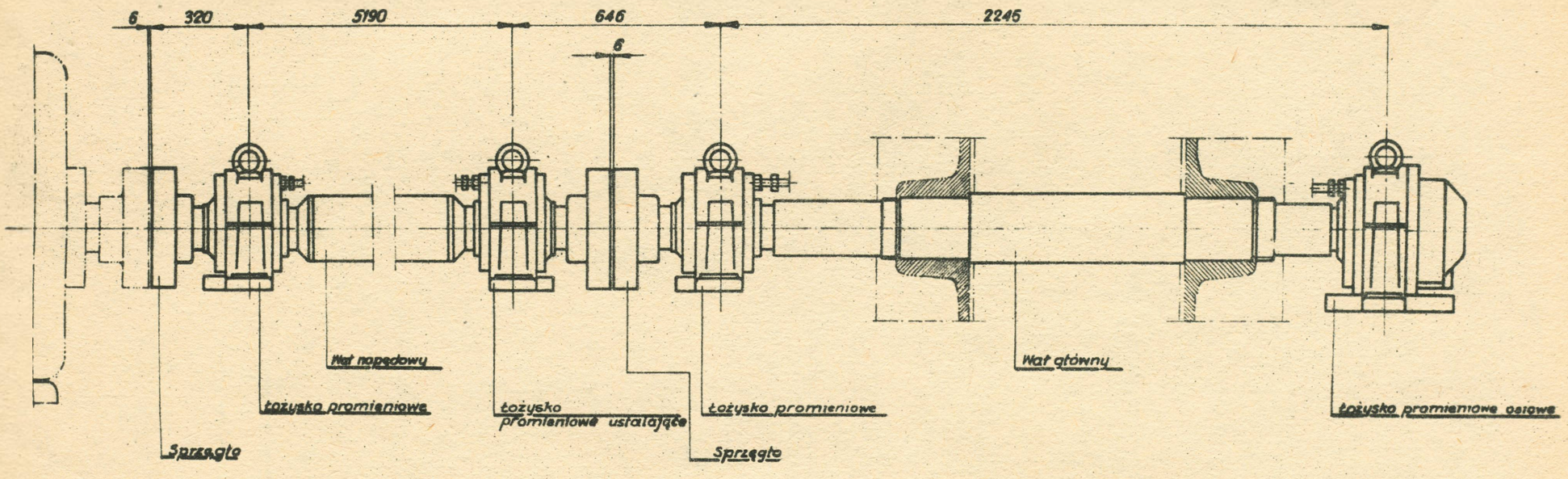
Wentylator WOK-4j seria II	Rys. zestaw. W64-35 rys. napędu W64-35C	Łożyska Poz.	Nr. rys. obudowy	Nr. katalogowy łożyska	Rodzaj rozwiązania	Smar Rodzaj smaru	Okres smarowania
Wał główny W64-35C6		1	WO3-79	22320k+AH2320	Kadłub łożyska dzielony w pł. poziomej z wyrzutnikiem smaru i czujnikiem temp. typu tarczkowego	ŁT2	2 miesiące
Sprzęgło wału gł. WO4-16		2	WO3-80	22224k+H3124	"	ŁT2	
Wały napędowe W64-30M6		3	WO3-76	2320	"	ŁT2	
Sprzęgło wału nap. WO4-16		4	WO3-78	2320	"	ŁT2	
Sprzęgło silnika WO4-16		5	WO3-76	2320	"	ŁT2	
		6	WO3-78	2320		ŁT2	



Rys. 29 Wentylator osiowy WOK-4 dU-B

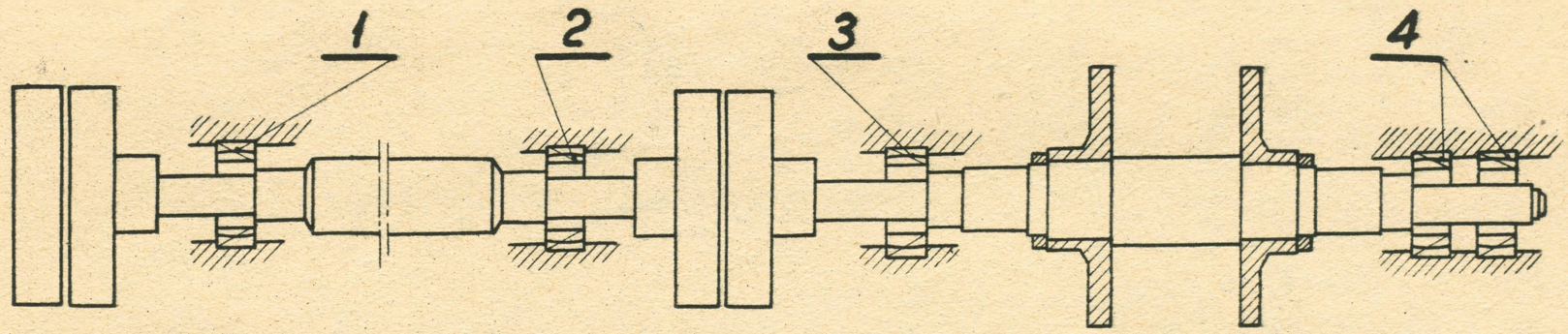


Rys. 30 Zabudowanie wentylatora WOK-4dU-B

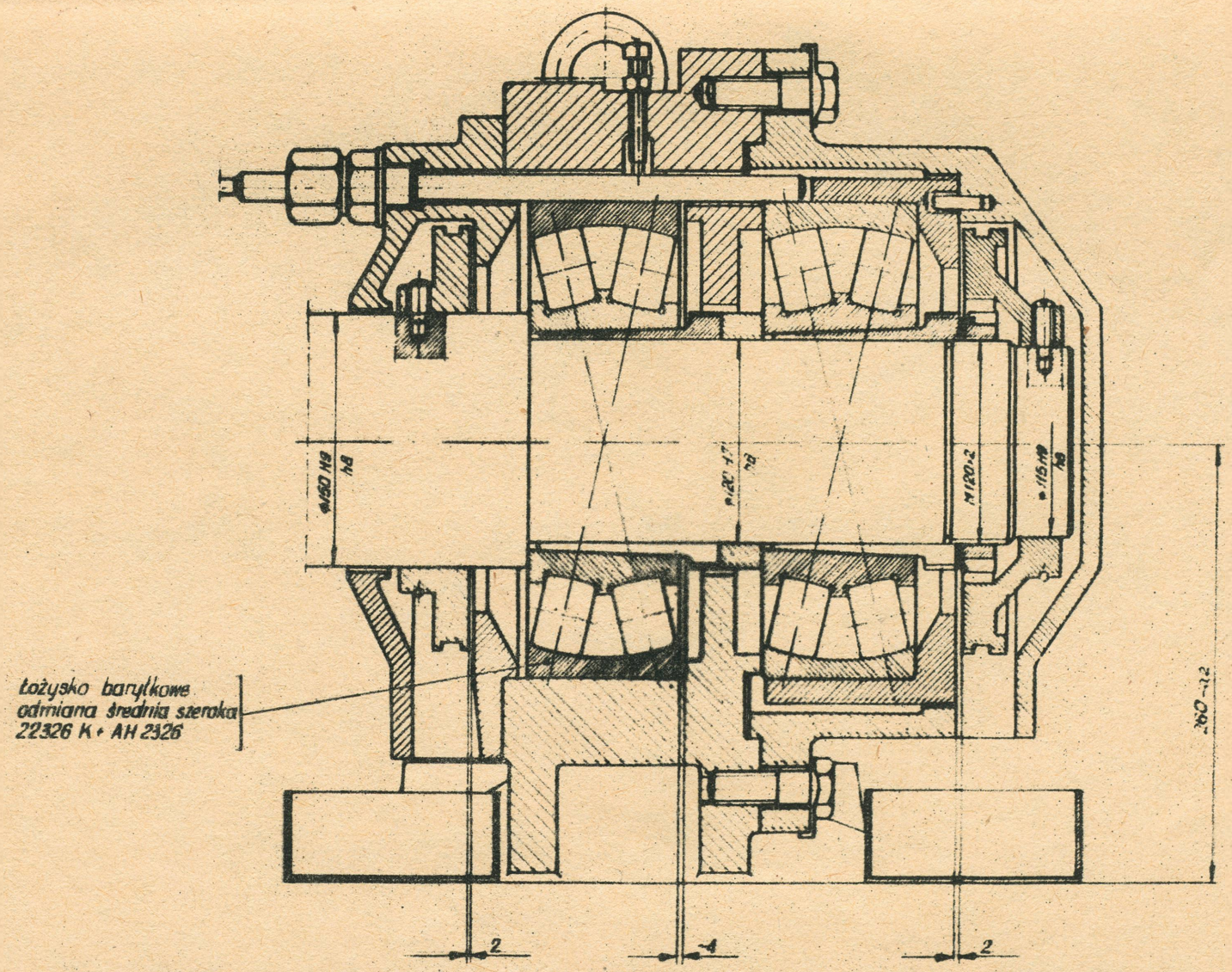


Rys. 31 Rysunek poglądowy napędu wentylatora WOK-4 dU-B

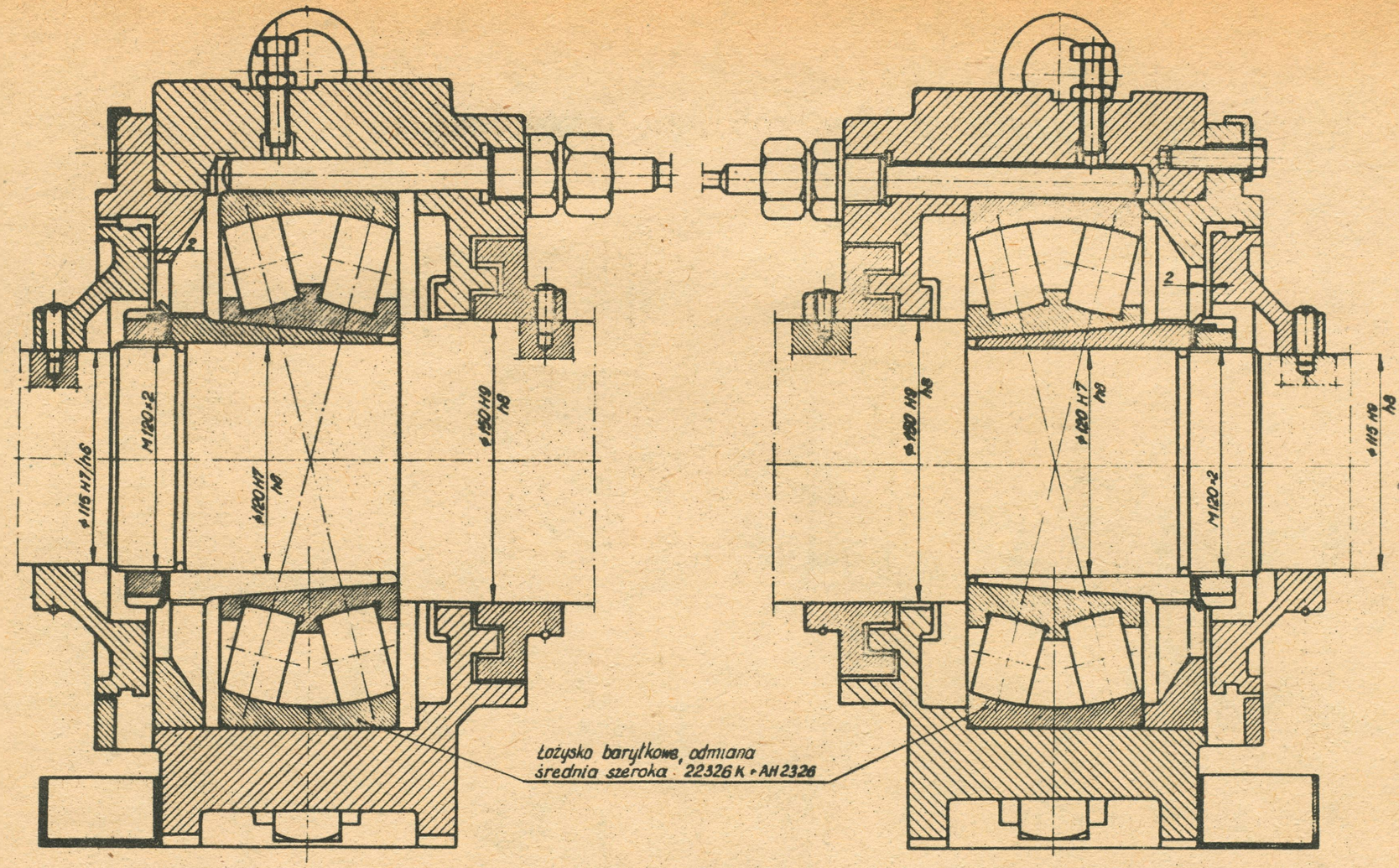
Rys. 32 łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-4dU-B



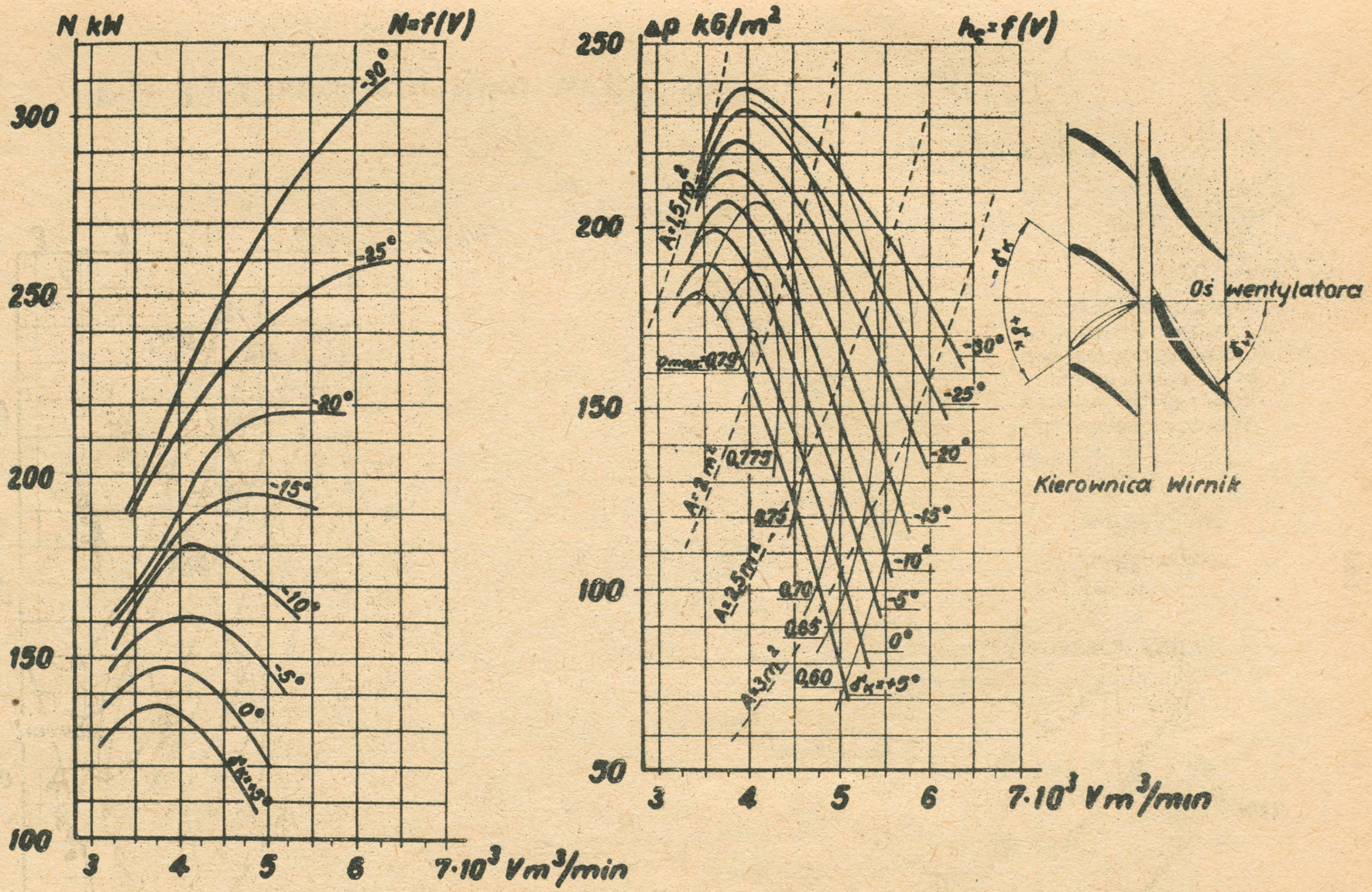
Wentylator WOK-4dU	Nr. zestawienia C-I-0610	Łożyska Poz.	Łożyska Nr. zestawienia	Nr. katalogowy łożyska Przeznaczenie	Rodzaj rozwiązania	Smar Rodzaj smaru	Smar Okres smarowania
Wał napędowy poz. 7 Sprzęgło silnika poz. 12		1	C03-001-10	22326K+AH2326 – nieustalone obciążenie promieniowe	Kadłub łożyska dzielony w płaszczyźnie poziomej odlewany z żeliwa, smarowanie smarownicą kapturową	ŁT-2	3 miesiące
		2	C03-001-11	22326K+AH2326 – ustalone obciążenie promieniowe	Kadłub łożyska dzielony w płaszczyźnie poziomej odlewany z żeliwa, smarowanie smarownicą kapturową	ŁT-2	3 miesiące
Wał główny poz. 13		3	C03-001-10	22326K+AH2326 – nieustalone obciążenie promieniowe	Kadłub łożyska dzielony w płaszczyźnie poziomej odlewany z żeliwa, smarowanie smarownicą kapturową	ŁT-2	2 miesiące
Sprzęgło wału głównego poz. 11		4	C03-001-9	22326K+AH2326 obciążenie promieniowe 22326+AH2326 obciążenie osiowe	Kadłub łożyska dzielony w płaszczyźnie poziomej odlewany z żeliwa, smarowanie smarownicą kapturową	ŁT-2	2 miesiące



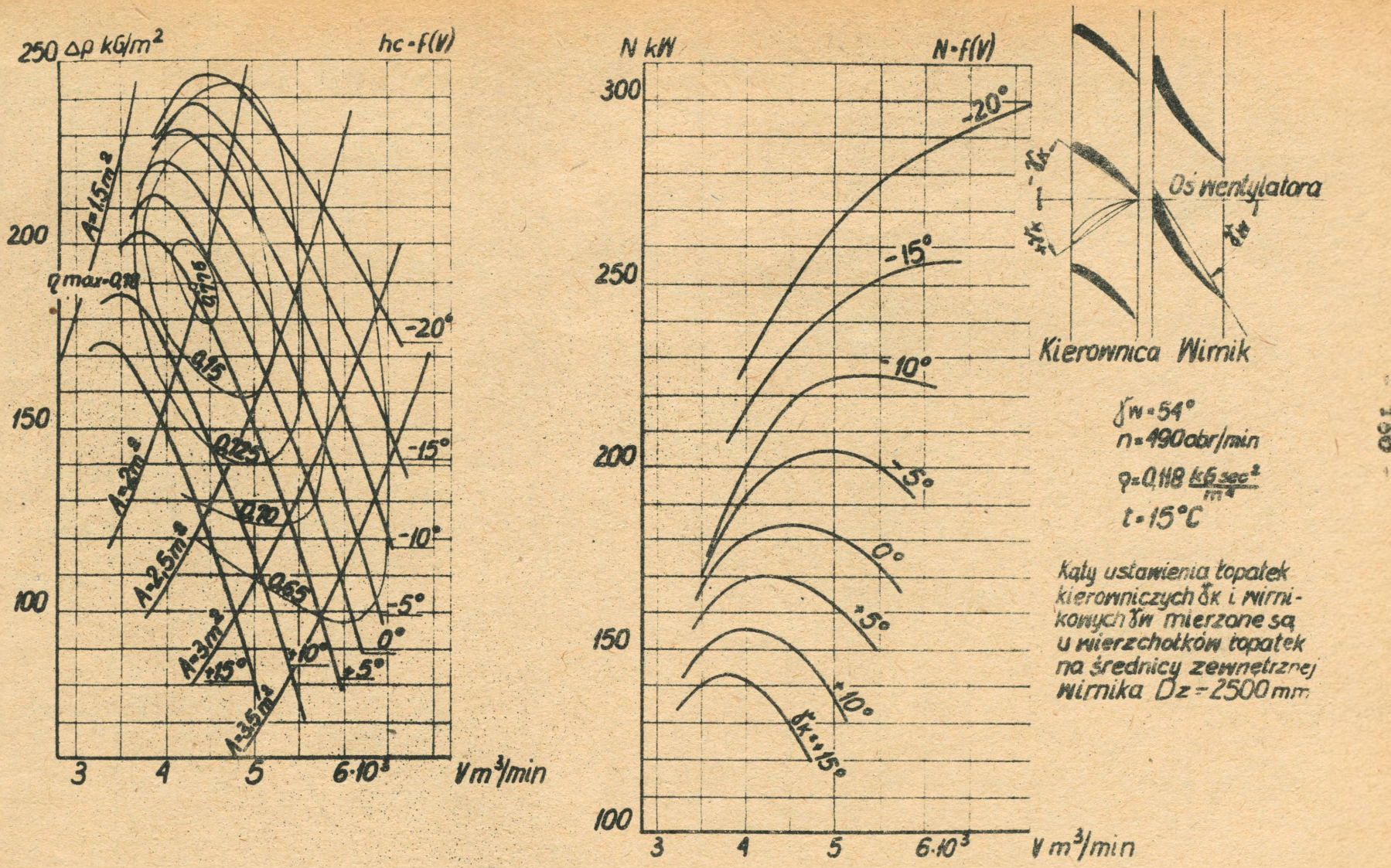
Rys. 33 Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-4 dU-B



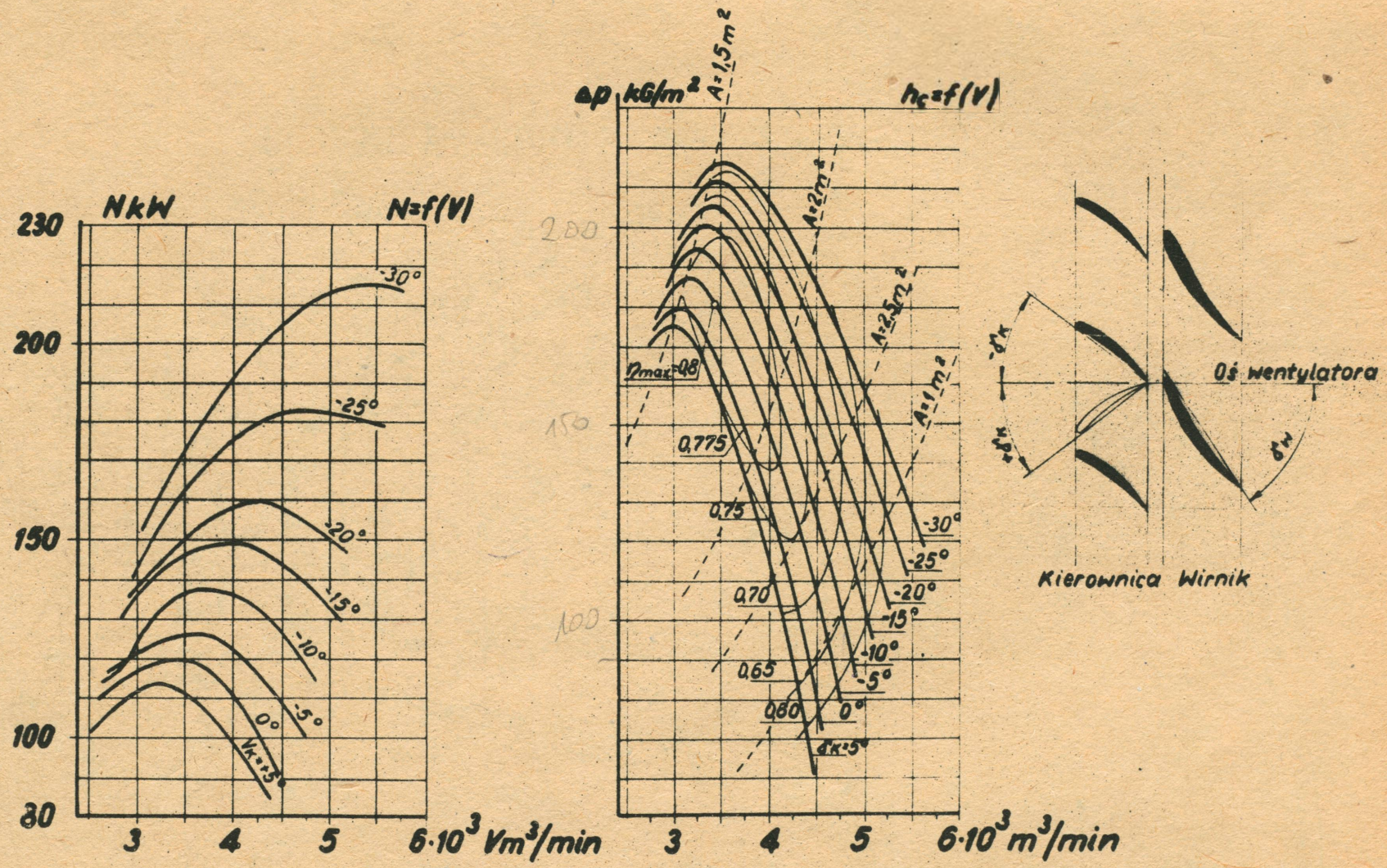
Rys. 34 Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-4 dU-B



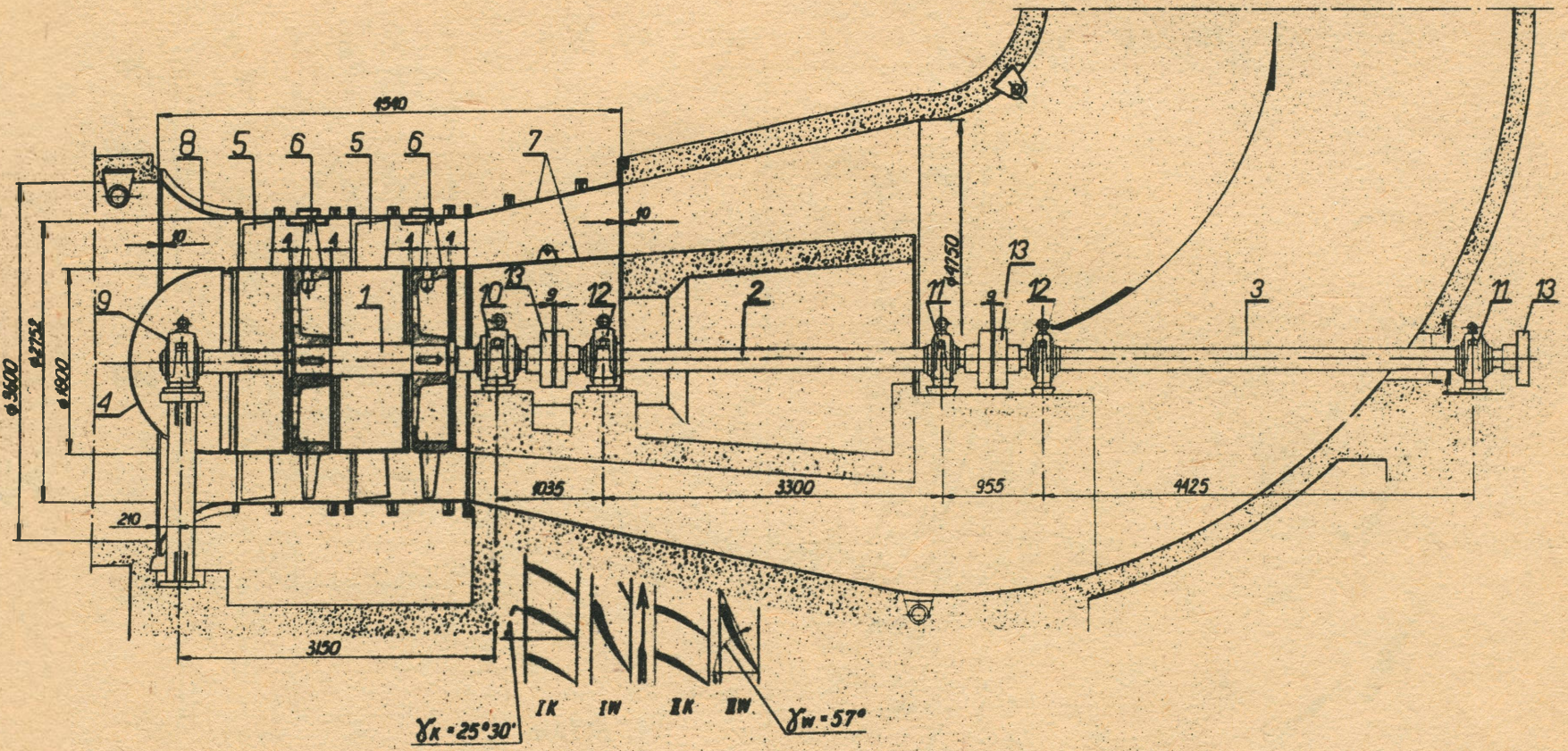
Rys. 35 Charakterystyka wentylatora WOK-4dU-B



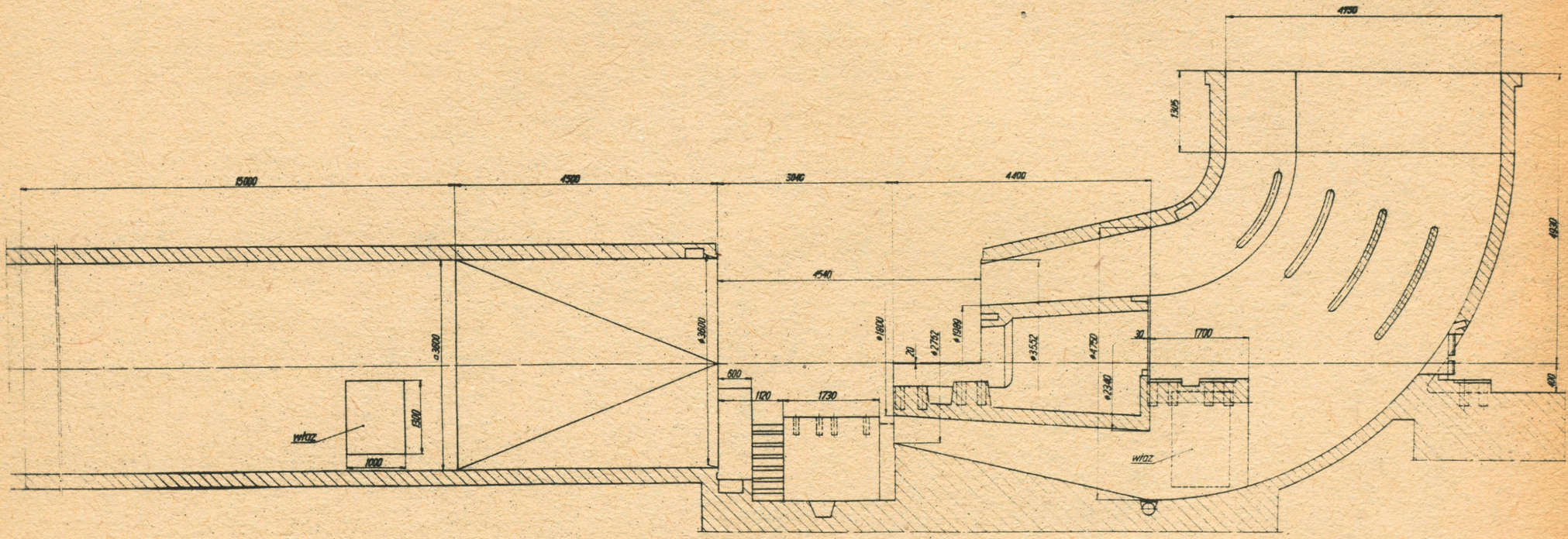
Rys. 36 Charakterystyka wentylatora WOK-4dU-B



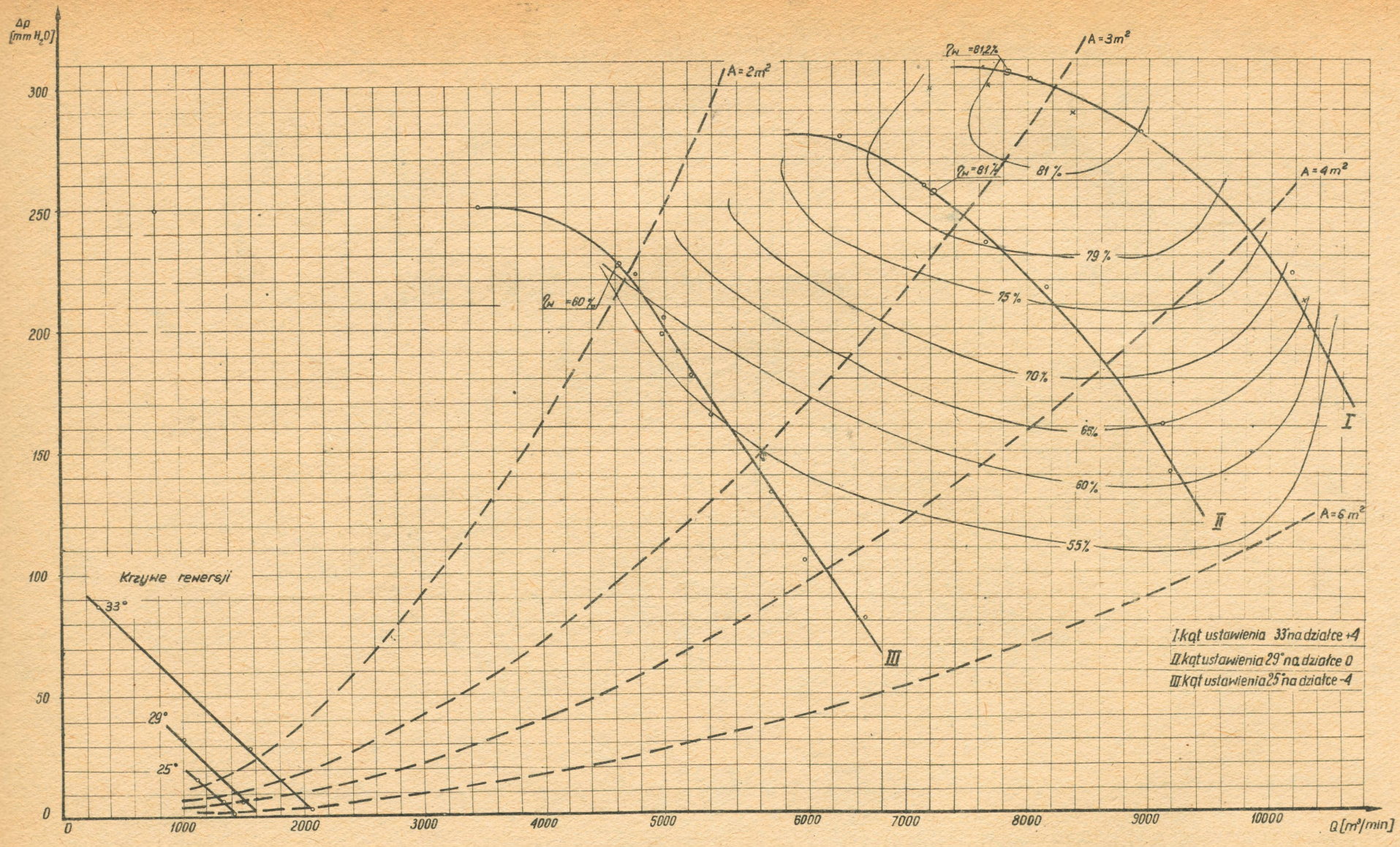
Rys. 37 Charakterystyka wentylatora WOK-4dU-B



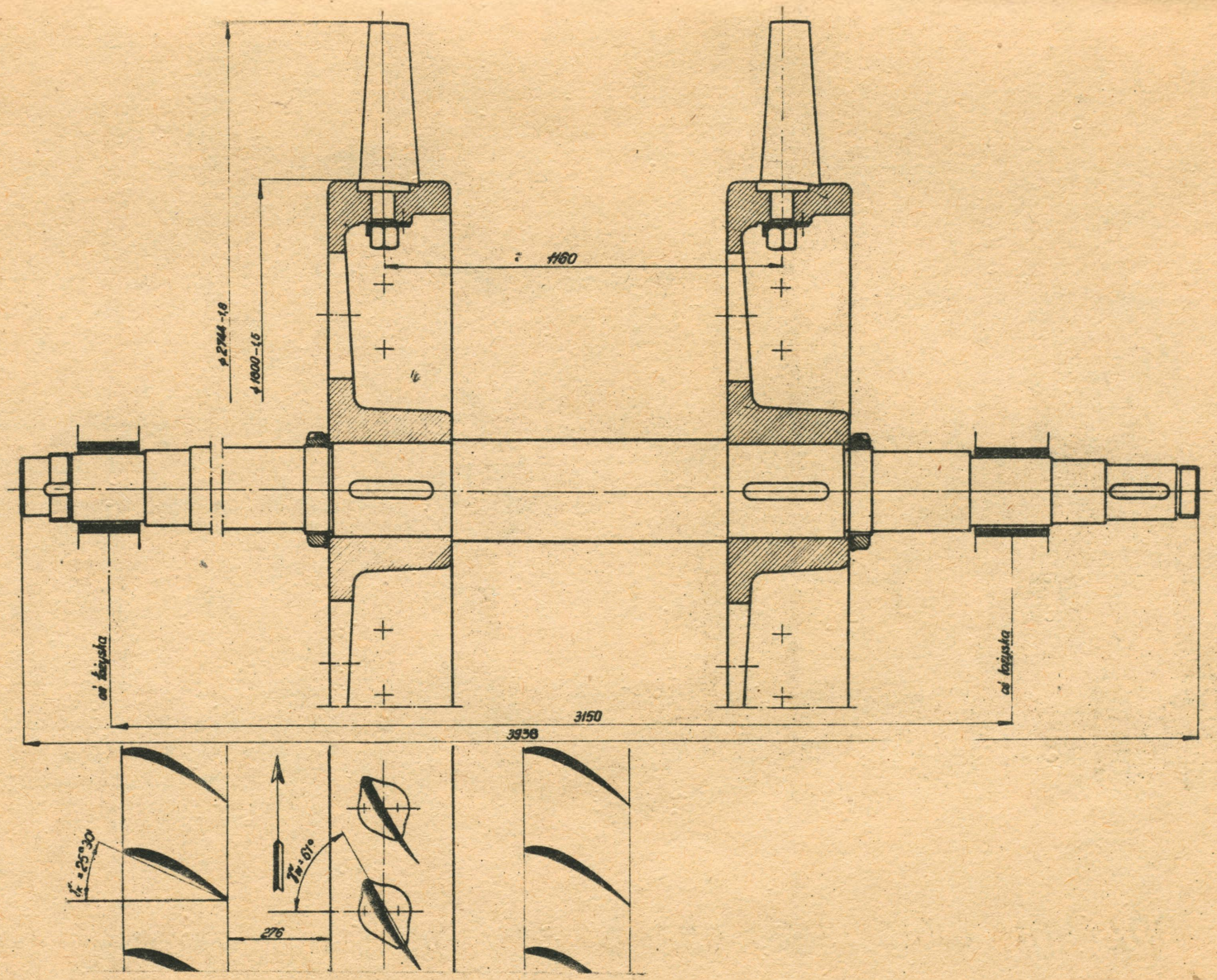
Rys. 38 Wentylator osiowy WOK-7 dU



Rys. 39 Korona fundamentu wentylatora WOK-7 dU

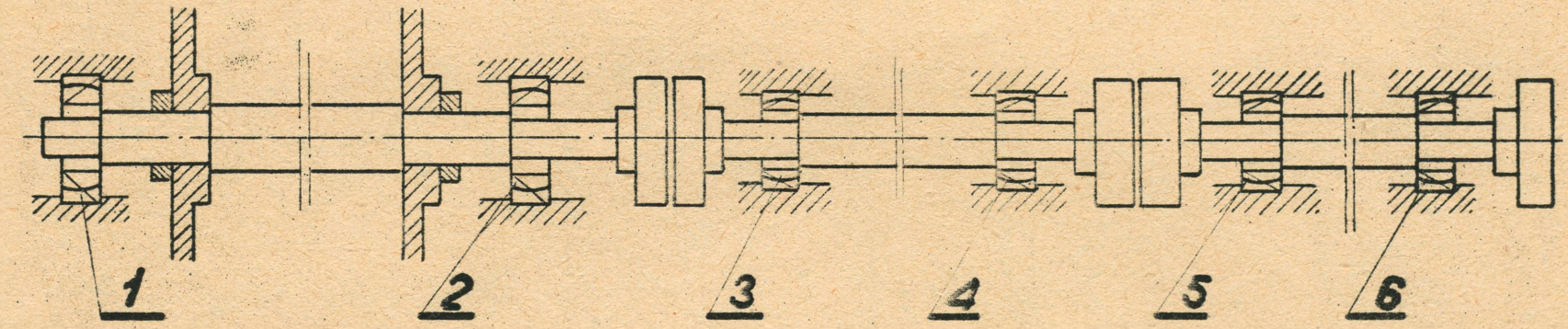


Rys. 40 Charakterystyka wentylatora WOK-7dU

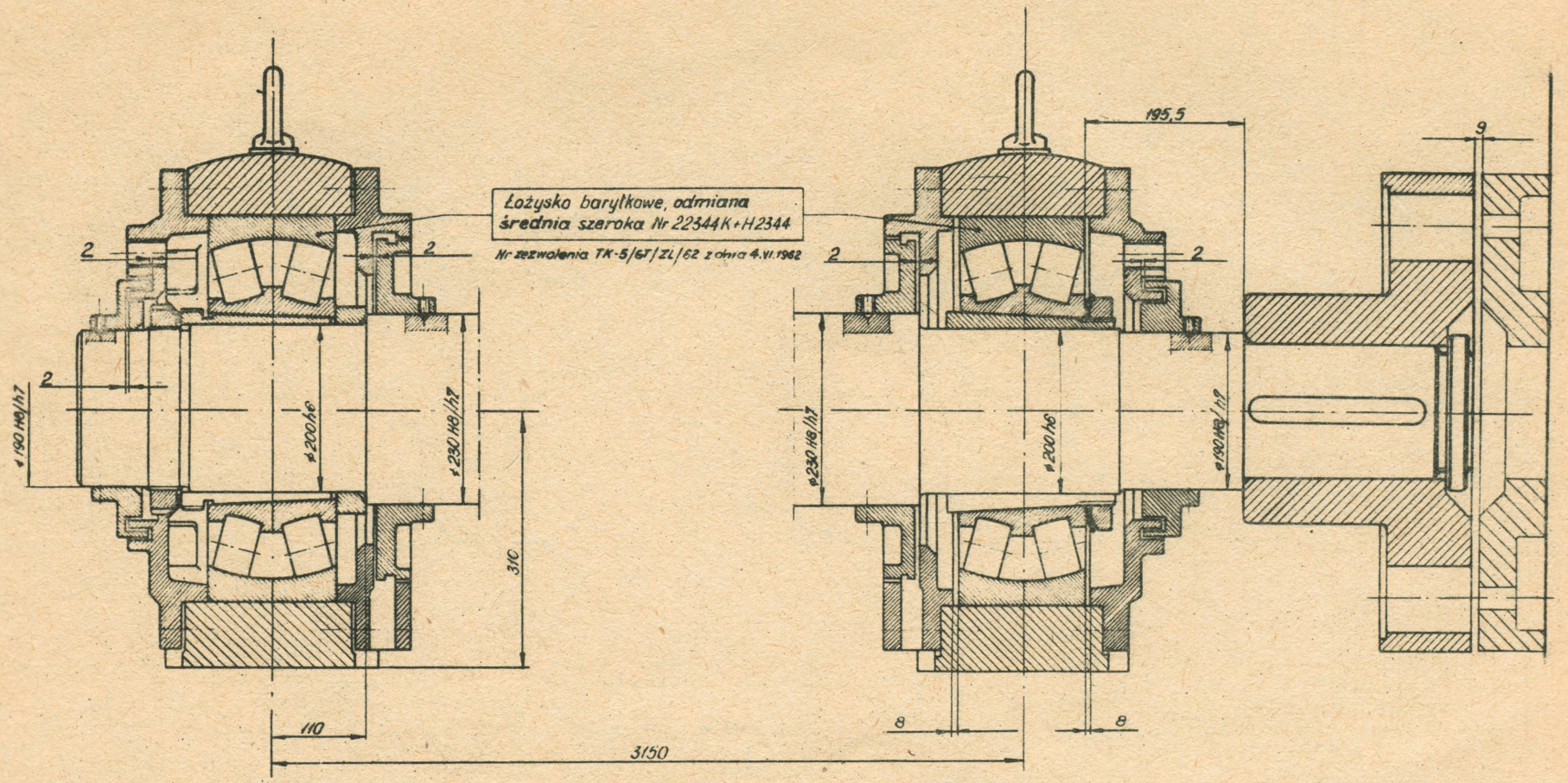


Rys.41 Zespół wirujący wentylatora WOK-7dU

Rys. 42 Łożyskowanie wału napędowego wentylatora WOK-7du



Wentylator WOK 7du	Nr. zestaw. G64-6 Nr. napędu G64-6A	Łożyska Nr Poz	Łożyska Nr. zestaw.	Nr. katalogowy Łożyska. Przeznaczenie.	Rodzaj rozwiązania	Smar Rodzaj smaru	Smar Okres smarowania
Wał główny – G64-6A5 Sprzęgło wału gł. 570 $\frac{160S_M}{252}/\frac{160D_M}{252}$ RN-61/MGiE-85/61		1	G03-99	22344k+AH 2344 promieniowo osiowe	kadłub łożyska dzielony w płaszczyźnie poziomej z wyrzutnikiem smaru i czujnikiem temperatury	ŁT 2	2 mies.
		2	G03-100	22344k+H2344 osiowe	——— 〃 ———	ŁT 2	2 mies.
Waty napędowe I G64-6A6 II G64-6A7 Sprzęgło wału nap. 570 $\frac{160S_M}{252}/\frac{160D_M}{252}$ RN-61/MGiE-85/61 Sprzęgło silnika 570 $\frac{160S_M}{252}/\frac{160D_M}{252}$ RN-61/MGiE-85/61		3	G03-102	22344k+H3138 promieniowe	——— 〃 ———	ŁT 2	3 mies.
		4	G03-102	22344k+H3138 promieniowe	——— 〃 ———	ŁT 2	3 mies.
		5	G03-101	22344k+H3138 ustalające	——— 〃 ———	ŁT 2	3 mies.
		6	G03-101	22344k+H3138 ustalające	——— 〃 ———	ŁT 2	3 mies



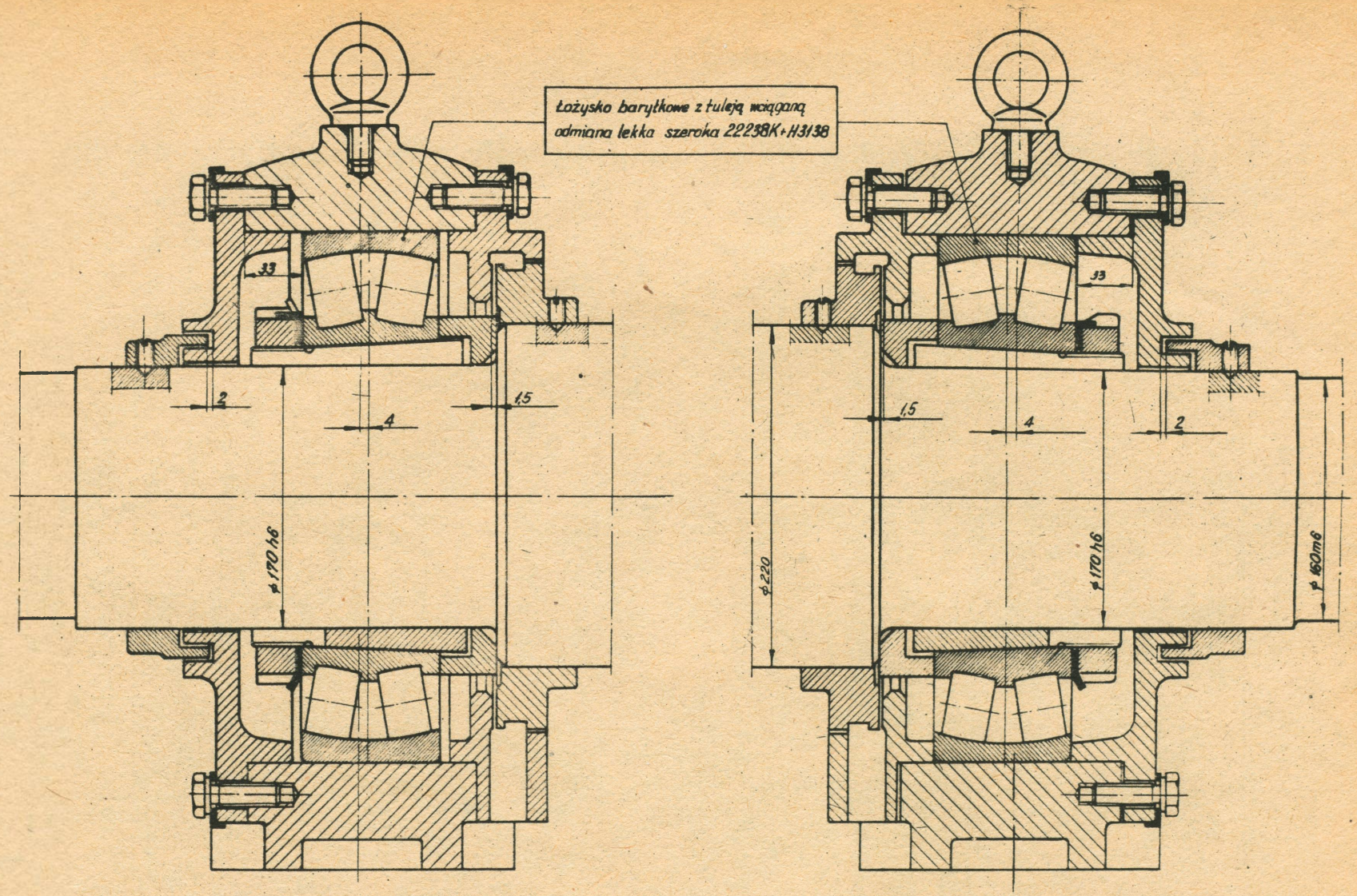
Łożysko promieniowo-osiowe ϕ200
Nr rys. G03-99a

Wał główny
Nr rys. G64-6A5

Łożysko promieniowe ϕ200
Nr rys. G03-100a

Sprzęgło ϕ570
Nr rys. RN MGiE-85161

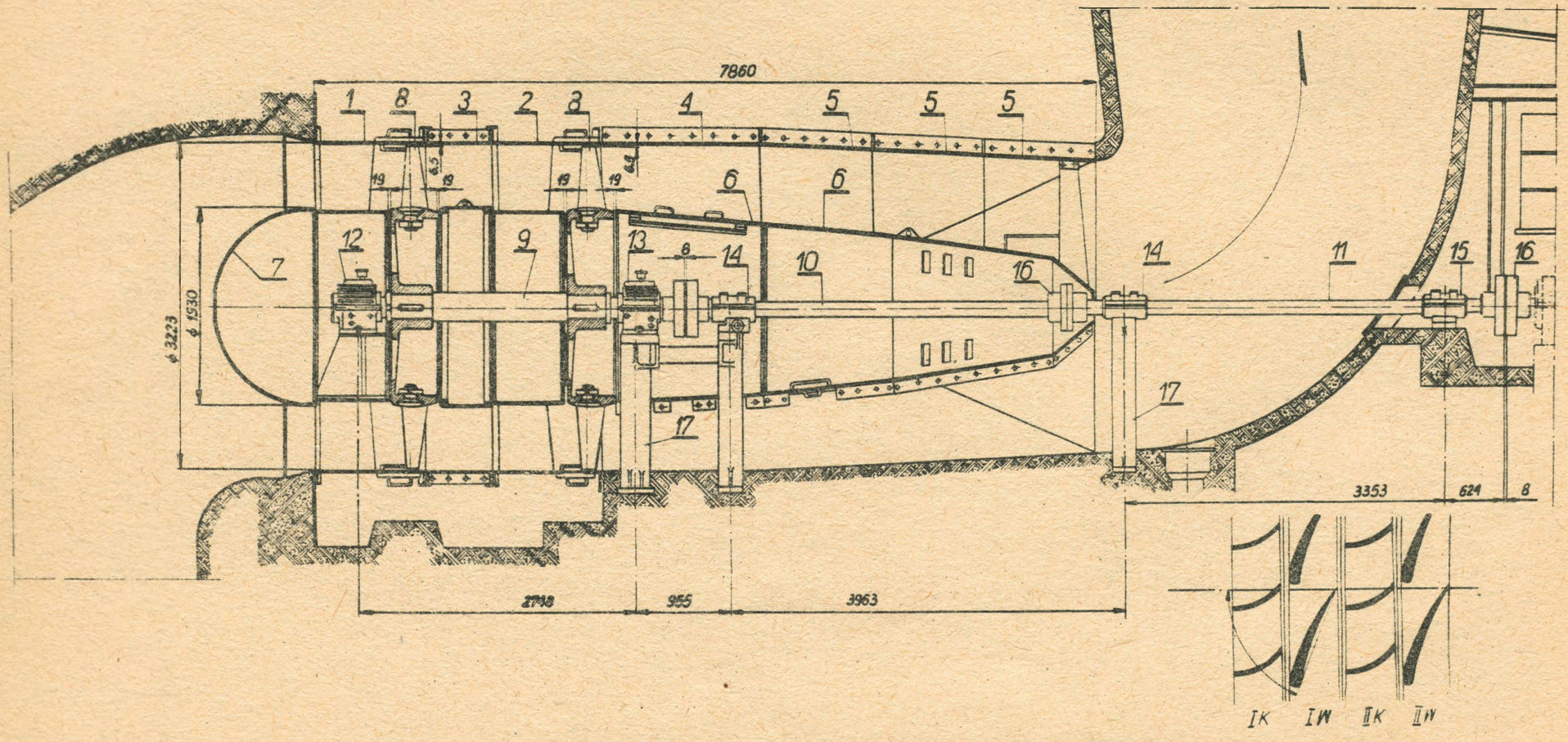
Rys. 43 Łożyska wału głównego wentylatora WOK-7dU



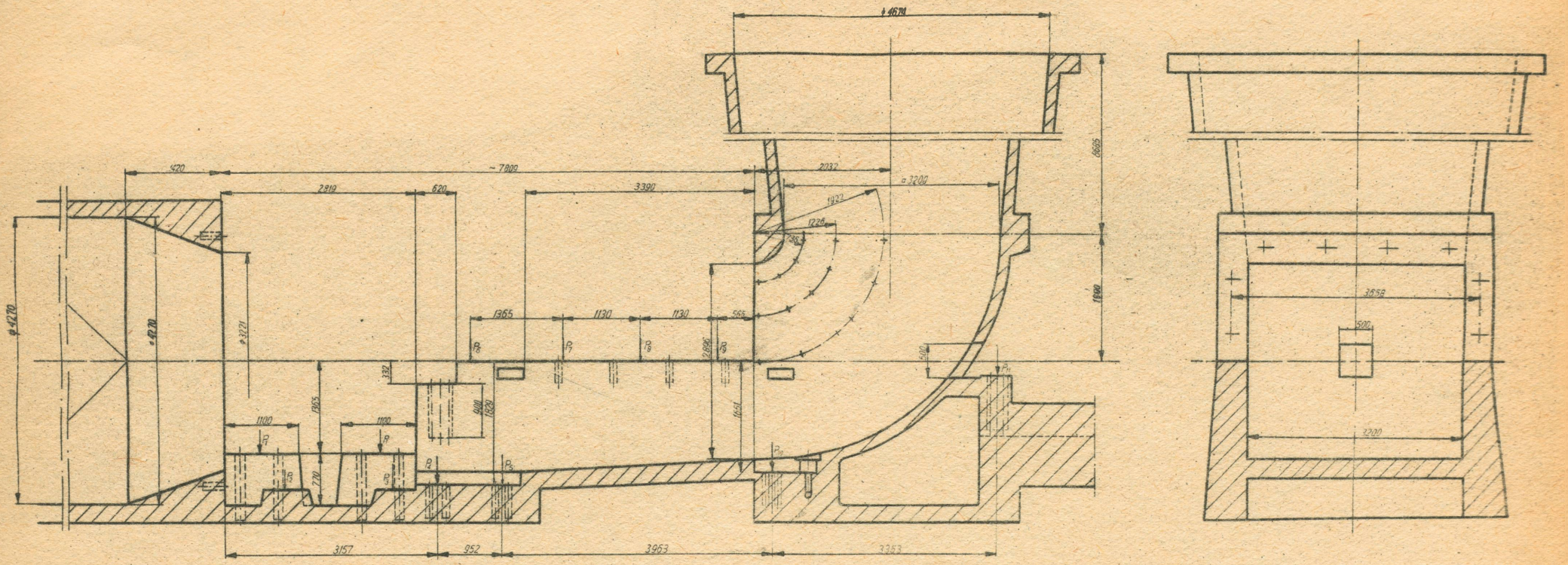
Łożysko promieniowe Nr rys. G03-102a

Łożysko ustalające Nr rys. G03-101a

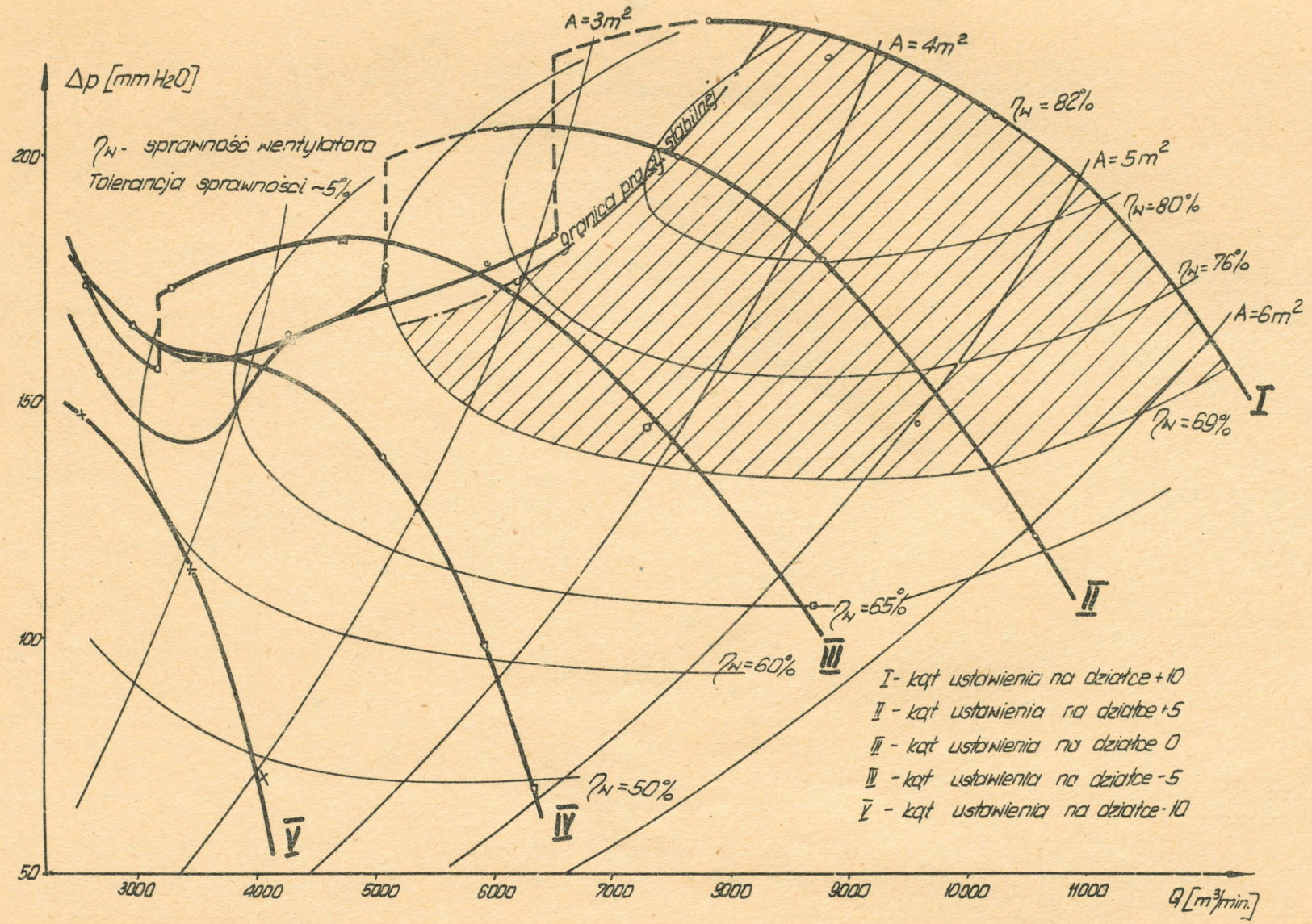
Rys. 44 Łożyska wału napędowego I i II wentylatora WOK-7 dU



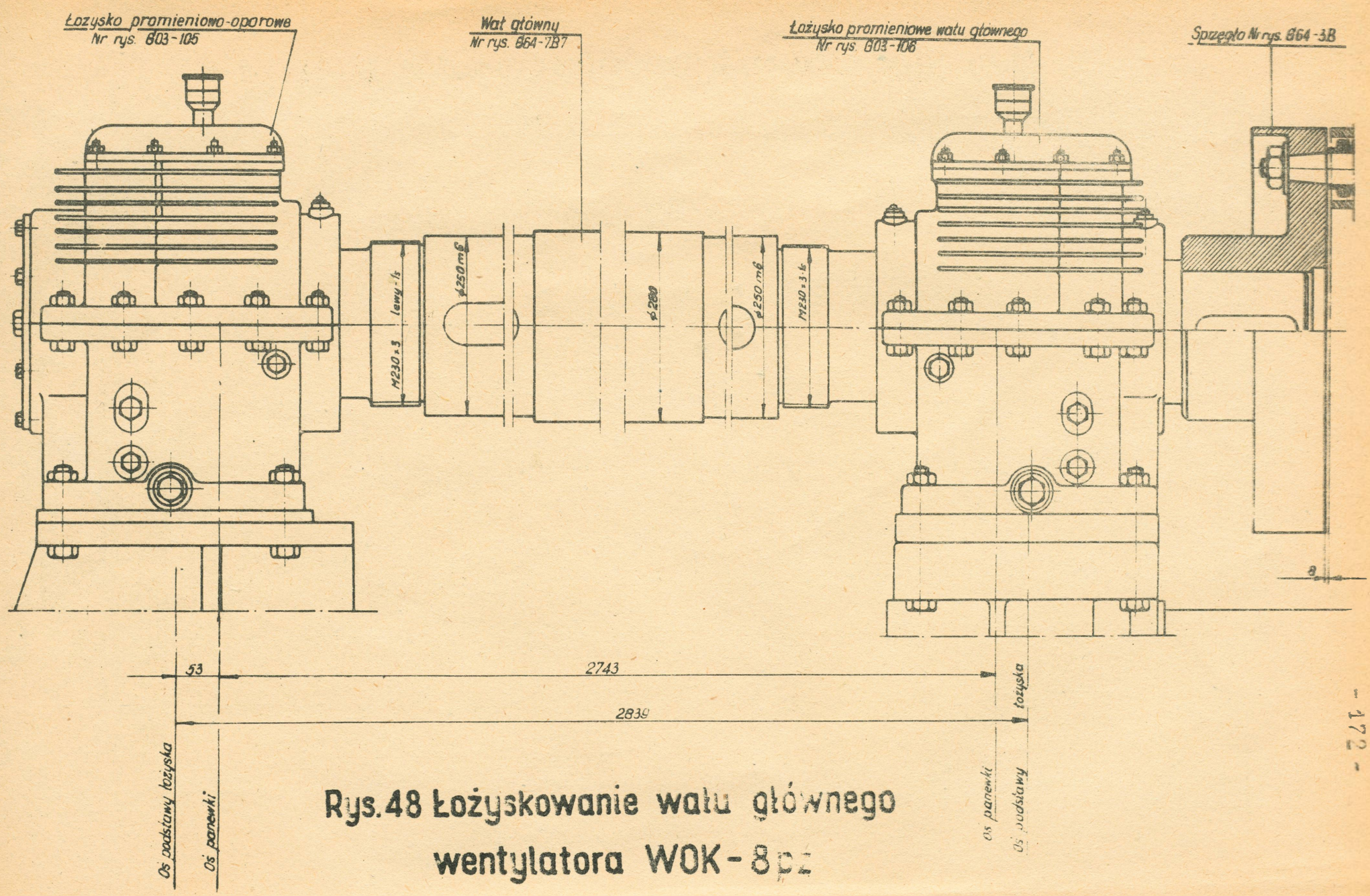
Rys. 45 Wentylator osiowy WOK-8pz



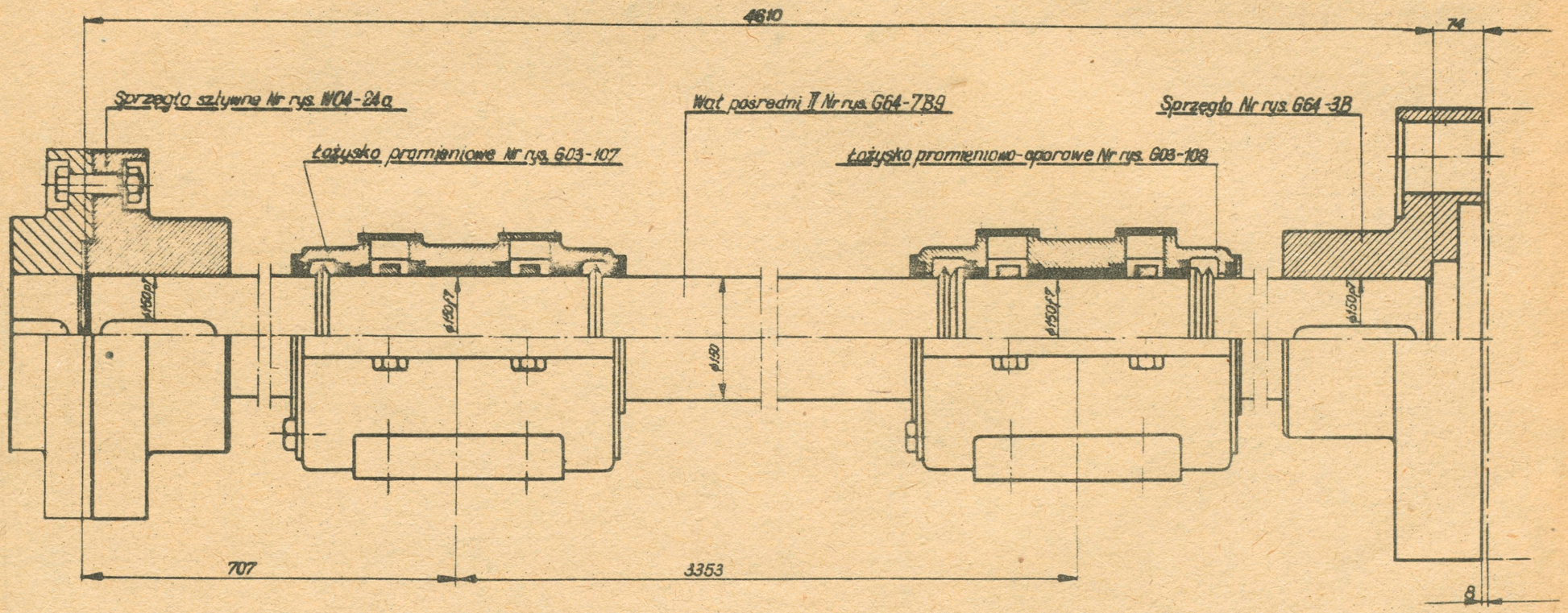
Rys. 46 Korona fundamentu wentylatora osiowego WOK-8pz



Rys. 47 Charakterystyka wentylatora osiowego WOK-8pz



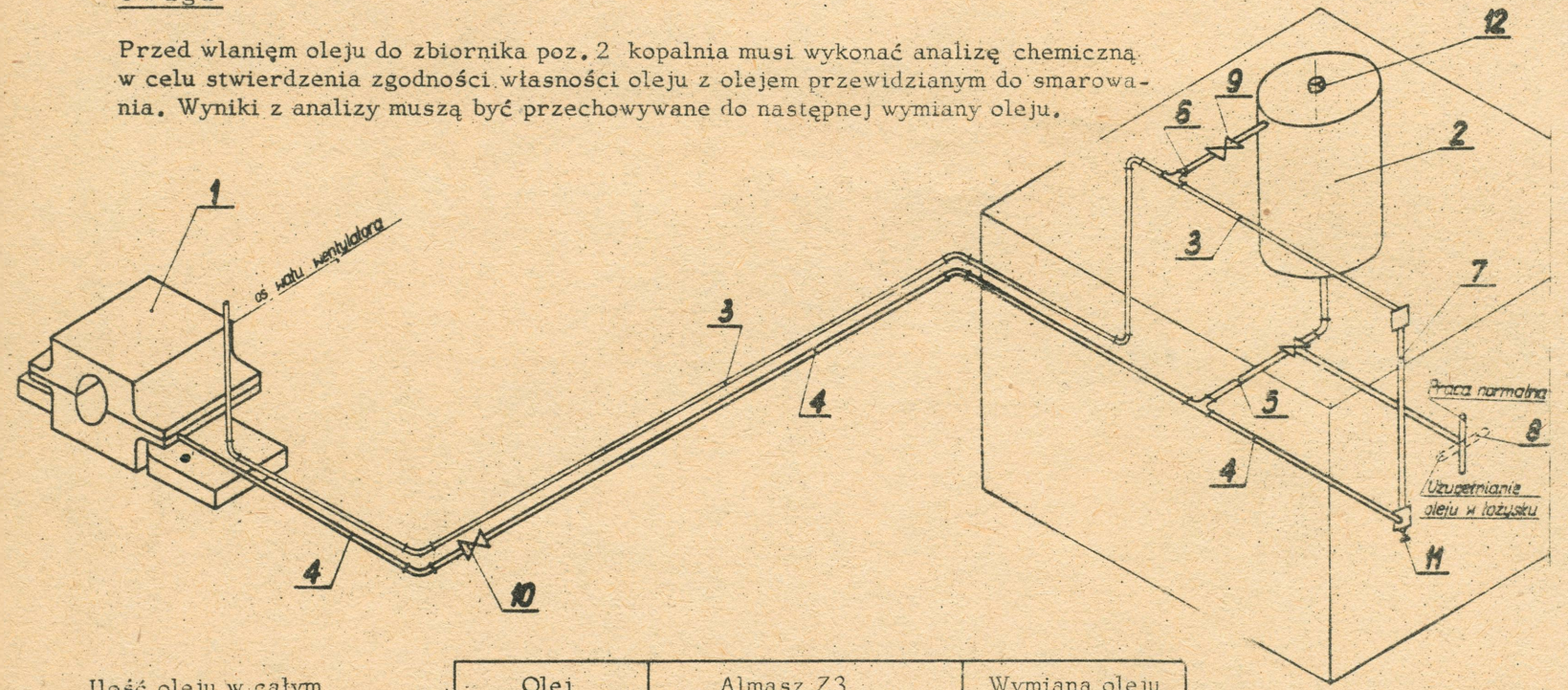
Rys. 48 Łożyskowanie wału głównego wentylatora WOK-8pz



Rys. 49 Łożyskowanie wału pośredniego II wentylatora WOK-8pz

Uwaga

Przed wlaniem oleju do zbiornika poz. 2 kopalnia musi wykonać analizę chemiczną w celu stwierdzenia zgodności własności oleju z olejem przewidzianym do smarowania. Wyniki z analizy muszą być przechowywane do następnej wymiany oleju.



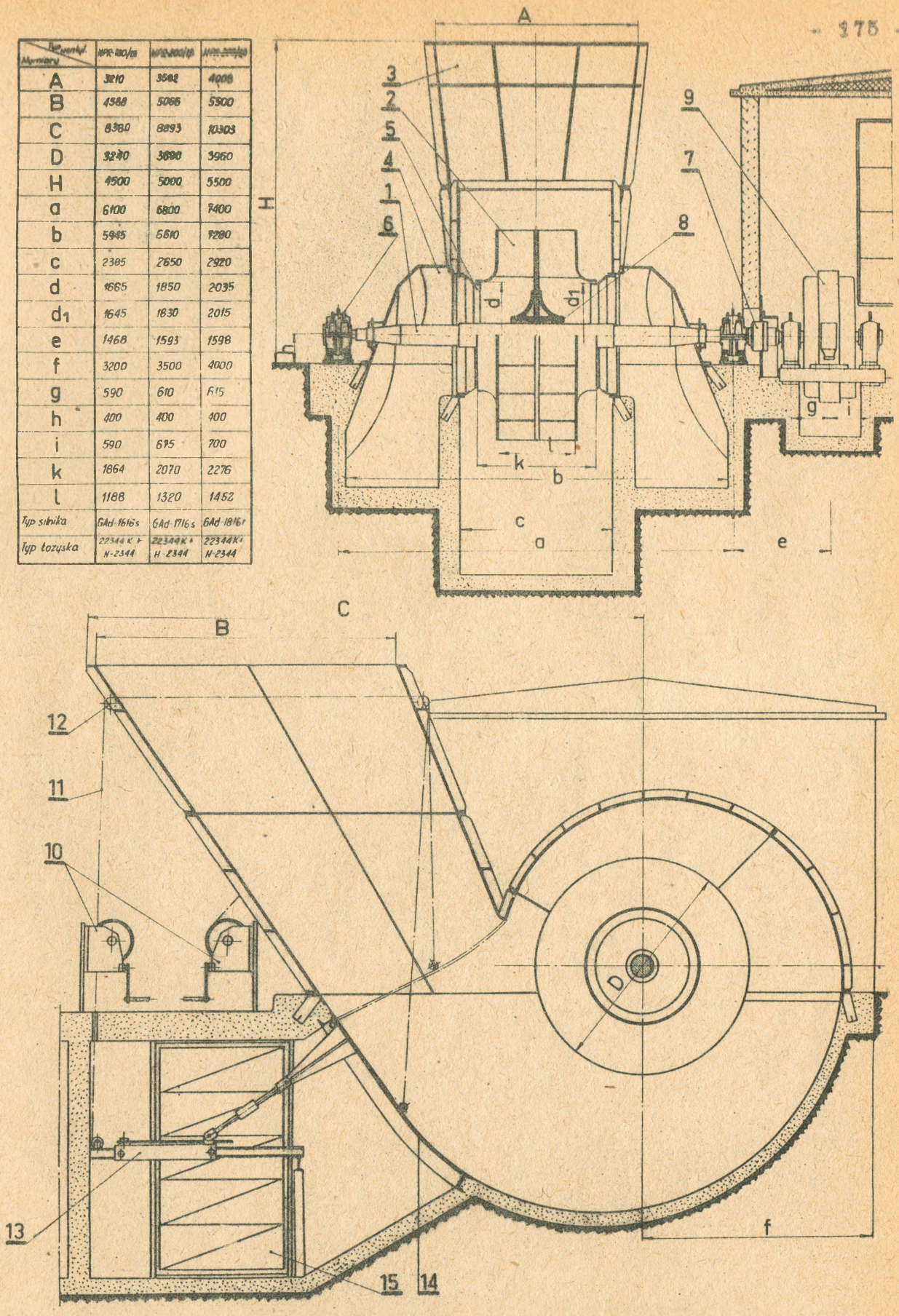
1. Łożysko
2. Zbiornik oleju
3. Rura wyrównująca ciśnienie
4. Rura olejowa
5. Rura olejowa
6. Rura wyrównująca ciśnienie
7. Olejowskaz
8. Kurek wraz z kluczem nasad
9. Kurek
10. Kurek
11. Kurek
12. Wskaźnik poziomu oleju

Ilość oleju w całym układzie dla 5 łożysk 60 litrów.

Olej w zimie	Almasz Z3 wg PN-55/C-96091	Wymiana oleju co 1/2 roku
Olej w lecie	Almasz Z4 wg PN-55/C-96071	Wymiana oleju co 1/2 roku

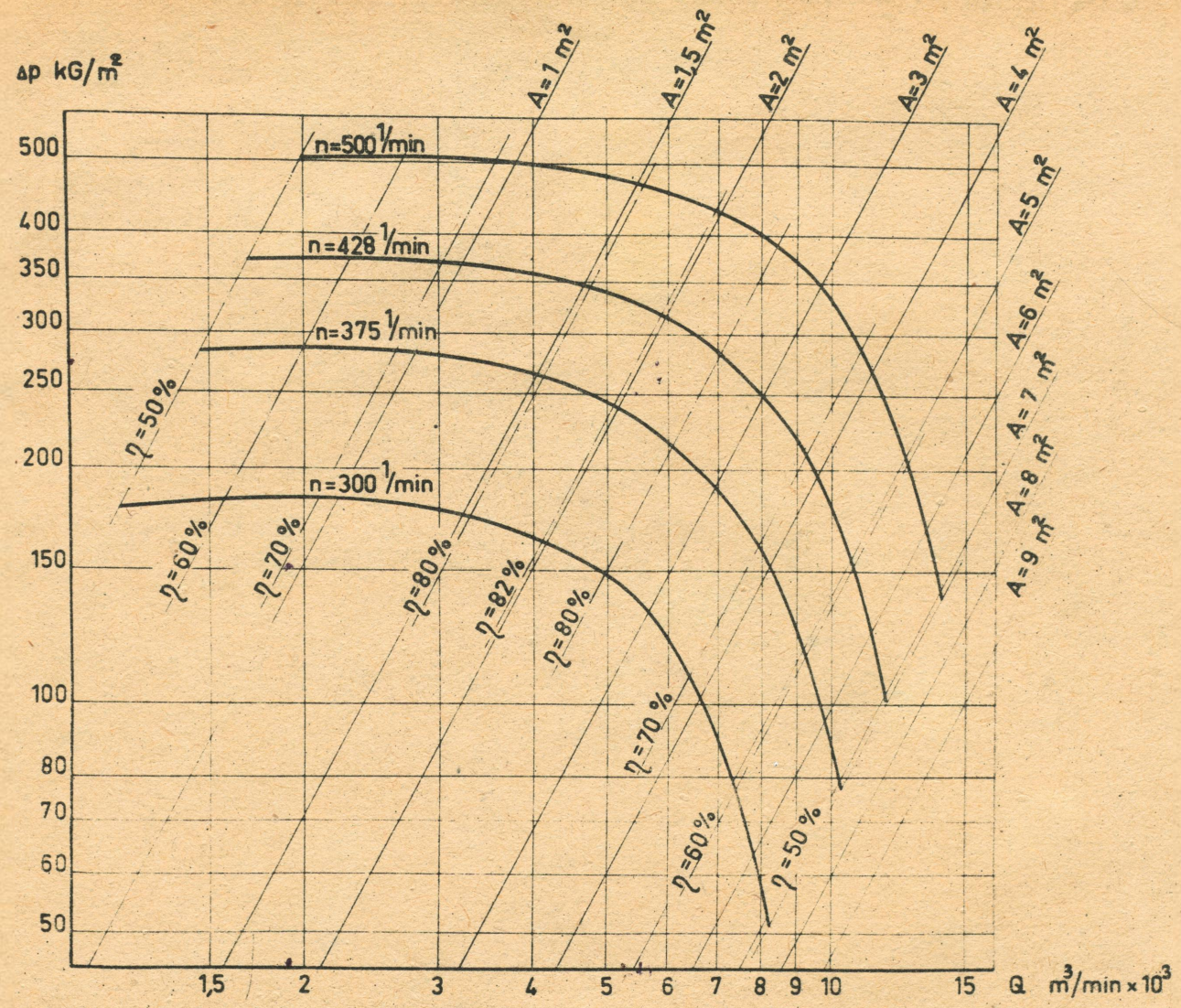
Rys. 50 Układ smarowania łożysk ślizgowych wentylatora WOK-8pz

Wentyl. / Wymiary	WPR-180/ip	WPR-200/ip	WPR-225/ip
A	3210	3582	4000
B	4588	5066	5500
C	8380	8893	10303
D	3240	3690	3960
H	4500	5000	5500
a	6100	6800	7400
b	5945	6610	7280
c	2385	2650	2920
d	1665	1850	2035
d_1	1645	1830	2015
e	1468	1593	1598
f	3200	3500	4000
g	590	610	615
h	400	400	400
i	590	675	700
k	1864	2070	2276
l	1188	1320	1452
Typ silnika	GAd-1616s	GAd-1716s	GAd-1816r
Typ łożyska	22344 K + H-2344	22344K + H-2344	22344K + H-2344

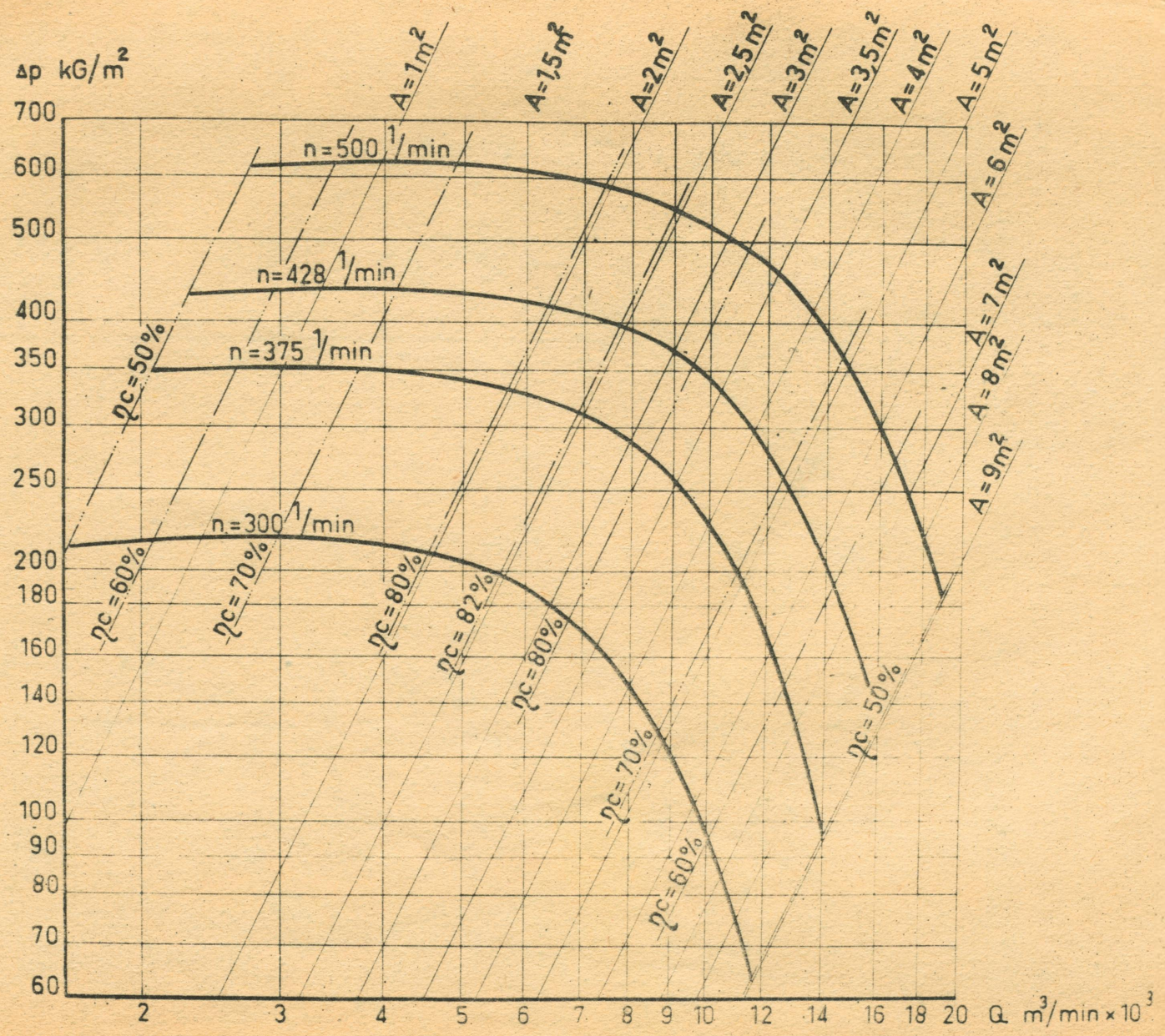


1. Wał
2. Wirnik
3. Dyfuzor
4. Kieszeń wlotowa
5. Lej wlotowy
6. Łożysko
7. Sprzęgło elastyczne
8. Tuleja stożkowa dociskowa
9. Silnik elektryczny
10. Wciągarka przyścienna
11. Lina stalowa
12. Koło linowe
13. Wózek
14. Drzwi środkowe
15. Drzwi boczne

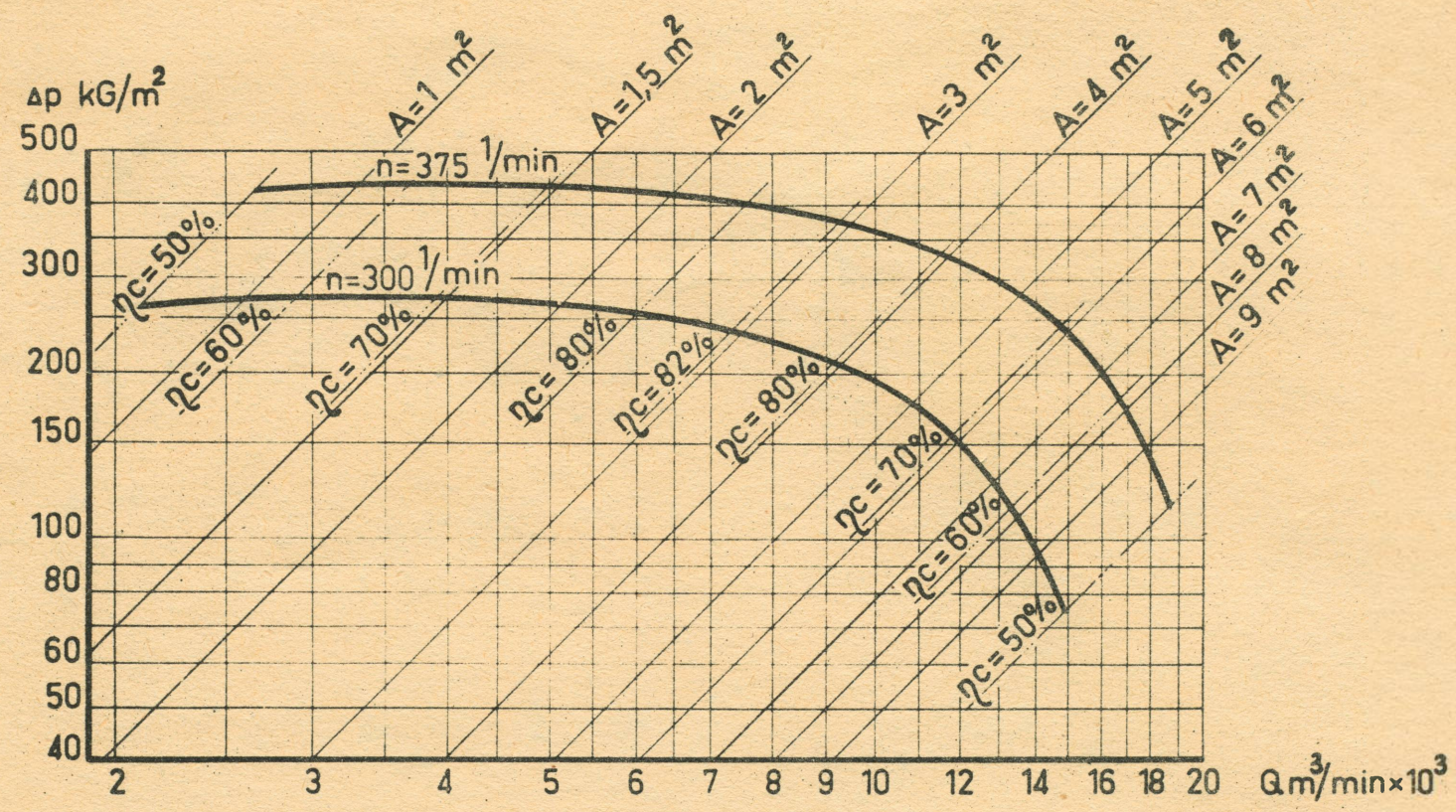
Rys. 51 Szkic wymiarowy wentylatorów promieniowych typu WPR



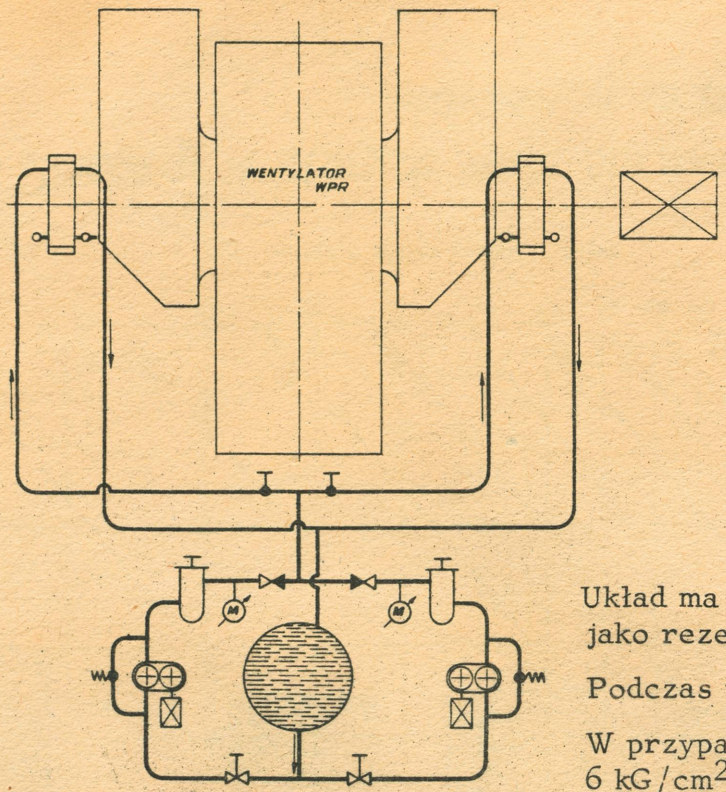
Rys. 52 Charakterystyka modelowa wentylatora WPR-180/1.8



Rys. 53 Charakterystyka modelowa wentylatora WPR-200/1,8



Rys. 54 Charakterystyka modelowa wentylatora WPR-220/1,8



Przy wzroście temperatury łożysk do 70°C powinno nastąpić awaryjne zatrzymanie wentylatora.

- Łożysko
- Zbiornik oleju
- Silnik elektr. SZJd 34a N=0,6 kW n=1450 1/min
- Pompa zębata PZ-6,3 A prod. WSK Wrocław
- Filtr płytkowy FPW-11 prod. WSK Wrocław
- Zawór zwrotny 1/2" symbol M3003 katalog APS/II
- Zawór przelewowy
- Kurek spustowy D nom=10
- Kurek bezdławikowy
- Manometr sprężynowy przemysłowy MB 160 z elektr. zespołem kontaktowym
- Czujnik termometru oporowego
- Olejowskaz
- Przewód olejowy

Układ ma dwa sprzężone zespoły, z których jeden przewidziano jako rezerwowy.

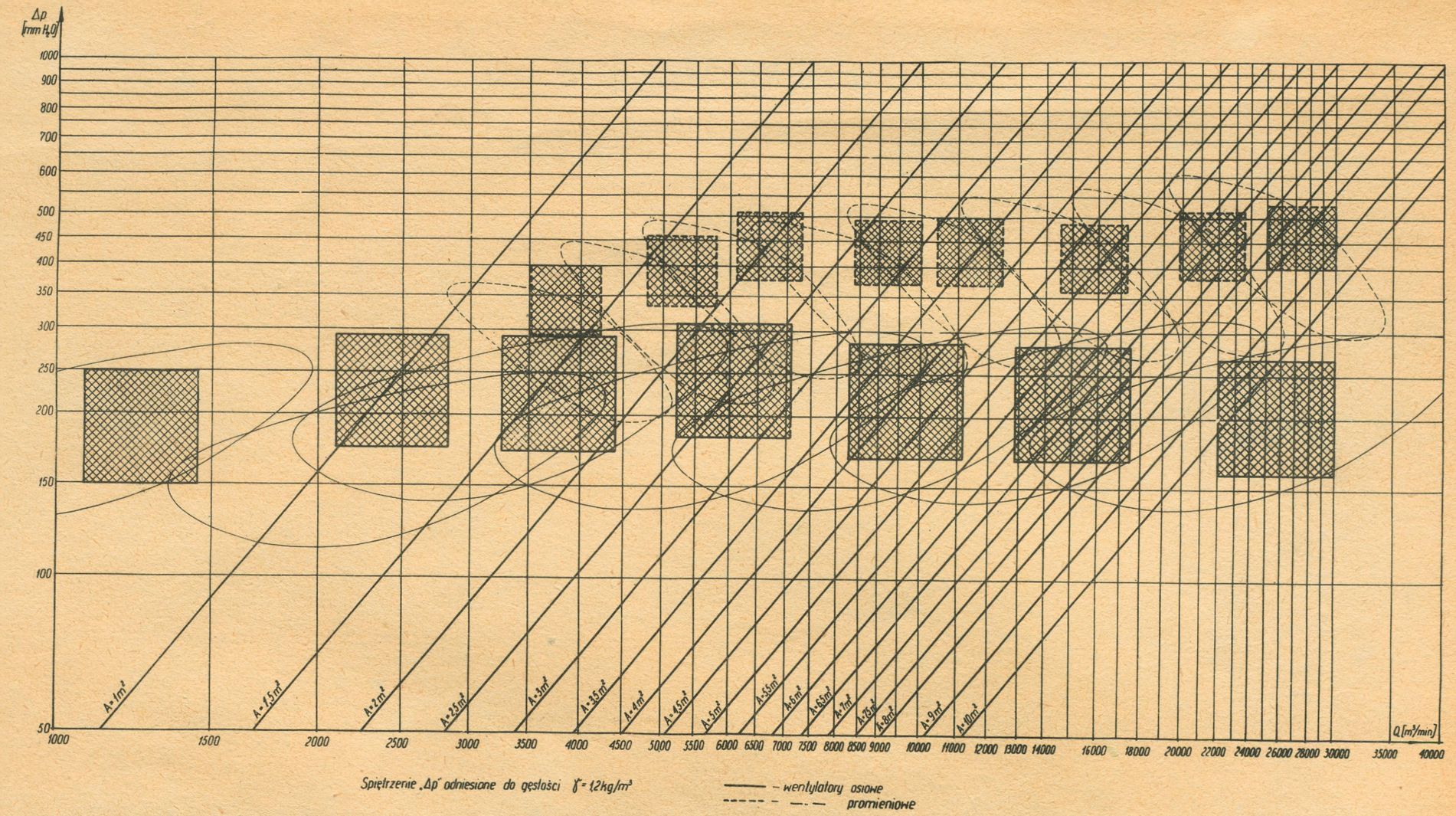
Podczas pracy zespołu powinna być włączona żarówka kontrolna

W przypadku wzrostu ciśnienia w manometrze kontaktowym do 6 kG/cm^2 powinna się zapalić żarówka kontrolna i jednocześnie działać działać sygnał dźwiękowy.

W razie zaniku ciśnienia powinna się zapalić żarówka kontrolna, zadziałać sygnał dźwiękowy i nastąpić wyłączenie zespołu. Niezwłocznie należy załączyć zespół rezerwowy.

Termometr kontaktowy należy połączyć z żarówką kontrolną zapalającą się przy temperaturze 55°C.

Rys. 57 Schemat smarowania łożysk tocznych wentylatorów promieniowych



Rys. 58 Obszary w których mają się mieścić parametry nominalne wentylatorów głównego przewietrzania

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AKADEMII GÓRNICZO HUTNICZEJ
K. 1573
BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH
1000275160