

## ПРОБЛЕМИ НА ШУМА НА РУДНИЧНИТЕ ВЕНТИЛАТОРИ

Николай Николов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски"

София 1700, България

E-mail: ustra@abv.bg

### РЕЗЮМЕ

Основен източник на шума на рудничните вентилатори са нестационарните явления, свързани с тяхното действие. Те могат да бъдат аеродинамични, свързани с действието на вентилаторите, или механични, свързани с вибрациите на конструкцията. В шума на добре конструирани и правилно експлоатираните вентилатори преобладават аеродинамичните съставки, а в останалите случаи – механичните.

Емпиричните изследвания [3] показват, че шумът на масово разпространените вентилатори надхвърля значително нормативите за постоянни работни места и работни зони в предприятията. (табл. 1).

Практиката показва, че за намаляване на шума от рудничните вентилатори трябва да се прилагат разнообразни мерки: конструктивни решения, като оптимизиране на броя, формата и наклона на лопатките, използването на шумозаглушители, аеродинамични решения, като подходящи профили на каналите, правилна експлоатация на вентилаторните уредби.

Рудничната вентилация е жизненоважен процес за функционирането на подземните рудници. Но постоянно работещите вентилатори, освен живителната струя въздух, пораждаат и постоянен шум.

Както е известно, шумът е съвкупност от звуци с нерегулярно разпределени честоти и фази; от гледна точка на "слушателите", това е всеки нежелан звук.

Основен източник на шума на вентилаторите са нестационарните явления свързани с тяхното действие. Те могат да бъдат аеродинамични, свързани с действието на вентилаторите, или механични, свързани с вибрациите на конструкцията.

Аеродинамичните явления може да се класифицират в следните групи.

1. Вихров шум, който се появява в каналите между лопатките или се дължи на вихрите, които възникват при корпуса на вентилатора.

2. Периодични пулсации, дължащи се на нееднородния поток от ограничения брой на лопатките или на някакви препятствия в потока.

3. Пулсации на скоростта и звуковото налягане в пограничния слой на корпуса на вентилатора.

4. При ниски скорости се пораждаат звуци от взаимовръзката вентилатор-вентилационни тръби.

Механичните шумове на вентилаторите се появяват в лагерите, в съединителната муфа и в ремъчните предавки.

Строго погледнато, шумът на електромотора и редуктора не се отнасят пряко към вентилатора, макар че съставят значителна част от шума на комплекса вентилатор + двигател (вентилационна уредба).

В шума на добре конструирани и правилно експлоатираните вентилатори преобладават аеродинамичните съставки, а в останалите случаи – механичните.

Разпределението на шума в пространството се определя от типа на източника. На фиг. 1 е показана диаграма на относителното изменение на силата на звука в зависимост от отклонението от оста на вентилатора. За  $1^{ua}$  е приета средната стойност от всички посоки.

Слуховият апарат на човека е чувствителен към стойностите на звуковото налягане –

$$I = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1)$$

като праговото налягане  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa при нормални атмосферни условия отговаря на прага на интензивност

$$I_0 = \frac{P_0^2}{\rho_0 c_0}, \quad (2)$$

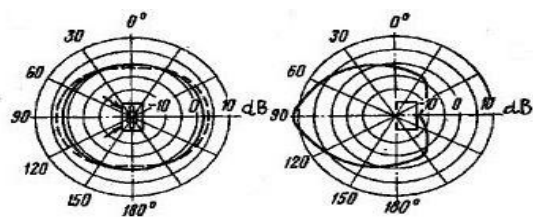
където  $\rho_0 c_0$  е акустичното съпротивление на средата (410 Pa.s/m). Приетата прагова интензивност е  $I_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>.

Главните руднични вентилатори се характеризират със значителна производителност и налягане. Шумът от тях е

значителен и влияе основно на намиращото се временно или постоянно в близост до вентилационните изработки. Тъй като преобладават ниските честоти – от 63 до 250 Hz (фиг. 2), шумът при определени условия може да се разпространи до 2-3 km.

В спектъра на шума на осевите вентилатори се открояват една или две дискретни честоти –

$$f = \frac{m \cdot n \cdot z}{60}, \quad (3)$$



(а) (б)

Фигура 1. Ориентиране на шума от различни източници: осов вентилатор (а) и главен вентилатор (б) [3]

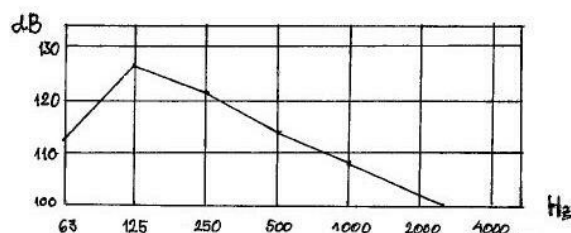
където  $m = 1, 2, 3, \dots$

$n$  е броят на оборотите за 1 min;

$z$  – броят на лопатките.

Това прави шумът особено неприятен за хората.

Емпиричните изследвания [3], показват че шумът на масово разпространените вентилатори надхвърля значително нормативите за постоянни работни места и работни зони в предприятията (табл. 1).



Фигура 2. Осреднена характеристика на шума от вентилатор за главно проветряване при 750 об/мин.

Таблица 1

	Звуково налягане dB, при честота на звука Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
По норматив	94	87	81	78	75	73	71	69
Измерени стойности при осови вентилатори	103-135	100-141	92-133	98-128	95-124	85-118	80-114	76-111
Измерени стойности при центробежни вентилатори	76-89	76-82	74-82	66-86	61-79	60-75	58-68	54-66
Измерени стойности при вентилатори за местно проветряване	63-84	58-81	59-86	74-92	82-91	74-95	72-98	62-94

Центробежните главни вентилатори, освен че са по-икономични, имат по-добри аеродинамични характеристики и са по-малко шумни. Техният шум е в ниските честоти и не е така дразнещ (вж. табл. 1).

Вентилаторите за местно проветряване намират широко приложение при прокарването на минните изработки и в добивните забои. Броят на вентилаторите за местно проветряване зависи от топологията на изработките. Тяхната сумарна производителност може да надхвърли тази на главния вентилатор.

Вентилаторите за местно проветряване трябва да са пригодени за монтаж в стеснени условия, икономични, с експлоатационни характеристики, които покриват широка област от експлоатационни режими. Затова те имат малък диаметър на работното колело, но висока скорост на

въртене (до 3000 об/min). Това поражда шум с неприятно въздействие.

Шумът се излъчва от смукателните и нагнетателни отвори и от корпуса на вентилатора. Основният източник на шум е единият от отворите на вентилатора, тъй като на другия е закрепена вентилационната тръба.

Емпирични данни за нивото на шума на разстояние 10 m от вентилаторите за местно проветряване са дадени в табл. 1. Наблюдава се зависимост между звуковото налягане и режима на работа – повишаване на стойността при максимална производителност и налягане и минимален шум при използване на вентилатора с максимален к.п.д.

Пневматичните вентилатори за местно проветряване имат по-лоши показатели по отношение на силата и спектъра на шума. Пневмотурбината е допълнителен източник на шум с висока честота, породен от попадането на струята състен въздух върху лопатките. Този шум се наслабва с шума на самия вентилатор и от изтичащия състен въздух.

Практиката показва, че за намаляване на шума от рудничните вентилатори трябва да се прилагат разнообразни мерки. На първо място са конструктивните решения, като оптимизиране на броя, формата и наклона на лопатките. От значение са и оборотите на вентилатора.

Подобно решение е и използването на шумозаглушители. Най-често тези устройства заглушават шума от корпуса на вентилатора. Намаляването на шума от входящата, респ. изходящата, струя се постига с аеродинамични решения – подходящи профили на каналите.

Експлоатацията на вентилаторните уредби има различно влияние за увеличаване или намаляване на шума, например:

- използването в режим максимална производителност (високи обороти) поражда значително по-силен и неприятен шум;

- ако въпреки шумът и вибрациите продължава ползването на вентилатора се създава порочен кръг и вредните въздействия се засилват;

- непрофесионално извършените ремонти и регулировки не ограничават, а в някои случаи увеличават, шума.

Известни са неблагоприятните последици върху здравето на хората, които са изложени на непрекъснат силен шум, особено при преобладаващи високи честоти. Това налага да се обърне специално внимание, включително и в учебния процес, на ръководителите на различно равнище на минното производство.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бабак, Г. А., Базаров, К. П. и др. 1982. Шахтныя вентилаторныя установки главного проветривания. - Справочник. Москва, изд. "Недра".
- Геров, В. 1972. Помпи. Компресори. Вентилатори. - София, изд. "Техника".
- Юдин, Е. Я., Терехин, А. С. 1985. Борьба с шумом шахтных вентиляторных установок. - Москва, изд. "Недра".

*Препоръчана за публикуване от катедра " ", МЕМФ*

# ISSUES OF NOISE OF MINE FANS

Nikolay Nikolov

University of mining and Geology "St. Ivan Rilski"  
Sofia 1700, Bulgaria  
E-mail: ustra@abv.bg

## ABSTRACT

Non-stationary processes, related to the operation of mine fans are the major source of their noise. They are aerodynamic, related to the operation of mine fans or mechanical, related to vibrations of construction. Aerodynamic components prevail in the noise spectrum of well-constructed and correctly used fans, and mechanical components prevail in the other cases.

Empirical investigations show that noise of the most widely distributed fans exceed significantly the regulations for working places and working zones of enterprises (table 1)

Practice reveals that different activities may be undertaken to reduce noise of mine fans: constructive decisions, for example optimizing the number, shape and inclination of fan blades, use of noise dampers, aerodynamic decisions like suitable profile of channels, correct use of the ventilation set.

Mine ventilation is an important process in the functioning of underground mines. However, continuously working fans bring not only the life-giving airflow but continuous noise, as well.

As it is well-known, noise is a multitude of sounds of irregularly distributed frequencies and phases, from the point of view of "listeners" it is each unwanted sound.

The main source of noise of fans are the non-stationary processes related to their operation. They might be aerodynamic, related to operation of fans, or mechanical, related to vibration of constructions.

Aerodynamic processes might be classified into the following groups:

1. Whirl noise, which appears between blades, or it is caused by whirls, which originate in the casing of a fan.
2. Periodical pulsation caused by non-homogeneous flow of limited number of blades or certain obstacles on the flow.
3. Pulsation of speed and sound pressure in the boundary layer of the casing of the fan.
4. Low speeds bring to the origination of sounds of the interconnection fan-ventilation ducts.

Mechanical noises in the fans appear in bearings, in the pipe sleeves and in the gears.

A strict consideration shows that noise of the motor and reducer does not refer directly to the fan, although that they compose a significant portion of the noise of the integration fan + motor (ventilation set).

Aerodynamic components prevail in the noise of well-constructed and correctly used fans, and mechanical components – in the other cases.

Distribution of noise in the area is determined by the type of source. Fig. 1 shows a diagram of the relative change of

sound depending on the deviation from the axis of fan. The average value of all directions is accepted as one.

The hearing system of the human is sensitive for values of sound pressure –

$$I = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1)$$

and a threshold pressure of  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa for normal atmospheric conditions corresponds to a threshold of intensity

$$I_0 = \frac{p_0^2}{\rho_0 c_0}, \quad (2)$$

where  $\rho_0 c_0$  is the acoustic resistance of medium (410 Pa.s/m). Accepted threshold intensity is  $I_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>.

Main mine fans are characterized with significant productivity and pressure. Noise from them is significant and effects on everything, which is temporarily or constantly close to ventilation workings. As far as low frequencies are prevailing – from 63 to 250 Hz (fig. 2), noise for certain conditions may be distributed to 2-3 km.

One or two discrete frequencies are separated in the spectrum of noise of axial fans. –

$$f = \frac{m \cdot n \cdot z}{60}, \quad (3)$$

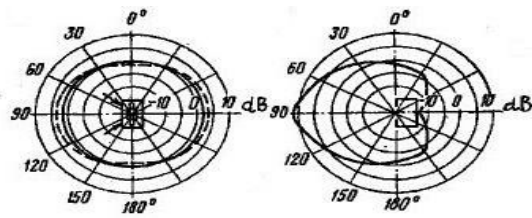
where  $m = 1, 2, 3, \dots$

$n$  is the number of revolutions for 1 min;

$z$  – number of blades.

That makes the noise especially unpleasant for people.

Empirical investigations [3], show that noise from the most widely distributed fans exceeds significantly the regulations for constant working places and working zones in the enterprises (table 1).



(a) (b)

Figure 1. Distribution of noise from different sources: axial fan (a) and main fan (b) [3]

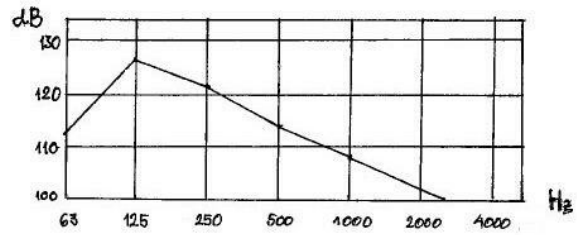


Figure 2. Average characteristic of noise from a fan main ventilation for 750 rev/min.

Table 1

	Sound pressure dB, for frequency of sound Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
According to regulations	94	87	81	78	75	73	71	69
Measured values for axial fans	103-135	100-141	92-133	98-128	95-124	85-118	80-114	76-111
Measured values for centrifugal fans	76-89	76-82	74-82	66-86	61-79	60-75	58-68	54-66
Measured values for fans for local ventilation.	63-84	58-81	59-86	74-92	82-91	74-95	72-98	62-94

Centrifugal main fans are not only more economical but also possess better aerodynamic characteristics and are less noisy. Their noise is within low frequencies and it is not so irritating (see table 1).

Fans for local ventilation are widely applied when mine workings are driven in the stopes. Number of fans for local ventilation depend on topology of workings. Their overall productivity may exceed the productivity of the main fan.

Fans for local ventilation need to be applicable for assembly in narrow places, economical, possessing working characteristics covering wide range of exploitation modes. For that reason, they have small diameter of the working wheel but high speed of rotation (up to 3000 rev/min). That brings to noise with unpleasant impact.

Noise is emitted from suction and compressive orifices of the casing of the fan. The main source of noise is one of the orifices of the fan, as the other is fastened to the ventilation pipe.

Empirical data for the level of noise at a distance of 10 km from fans for local ventilation are given in table 1. There is a dependence between sound pressure and mode of operation – enhancement of the value for maximum productivity and pressure and minimum noise for use of fan with maximum efficiency.

Pneumatic fans for local ventilation have worse characteristics for force and spectrum of noise. The pneumomotor is an additional source of noise with high frequency,

brought by a flow of compressed air between the blades. That noise overlapping with the noise of the fan itself and noise of outgoing compressed air.

Practice reveals that reduction of noise of mine fans involves varied measures. First of all, those are constructive decisions like optimization of number, shape and inclination of blades. Revolutions of the fan are also important.

A similar decision is the use of noise dampers. Most often those devices damp the noise from the casing of fan. Reduction of noise of the inlet, especially outlet flow is achieved by aerodynamic decisions – suitable profiles of channels.

Use of ventilation sets also has a varied effect on the enhancement or decrease of noise, for example:

- Use of mode of maximum productivity (high revolutions) involves much more load and unpleasant noise.
- in the case, when nevertheless of noise and vibrations the fans is still going to be used, there is a bad circle and harmful effects are enhanced;
- Non-professional performed repairs and adjustments do not limit but in some cases enhance the noise.

Unfavorable effects on health are known for humans, exposed to continuous loud noise, especially noise of prevailing high frequencies. That requires the drawing of special attention of mining managers, of different rank, on that issue.

## REFERENCES

- Babak, G. A., Bazrov, K. П. et al., 1982. Ventilation sets for mine workings used for the main ventilation.-Handbook. – Moscow, “Nedra” Publishing Institute (in Russian).
- Gerov V., B. 1972. PUmps. Compressors, Ventilators- Sofia, Publishiong houise “Technika”.
- Judin, E. J., Terehin, A. C. 1985. Against the noise of mine ventilators. - Moscow, Publishing house “Nedra”.

*Recommended for publication by Department of  
Mine Ventilation and Occupational Safety, Faculty of Mining Technology*