

МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА АЕРОДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В ИЗПРАВЯЩ АПАРАТ НА ДИАГОНАЛЕН ВЕНТИЛАТОР

Николай Переновски, Антоанета Янева, Кристиан Цветков, Любен Тасев

Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; perenovski@mgu.bg, antoaneta.yaneva@gmail.com, khc1@abv.bg

РЕЗЮМЕ. В доклада е разгледан математически модел на аеродинамичните процеси в изправящия апарат на диагонален вентилатор за местно проветряване на подземни рудници.

MATHEMATICAL MODEL OF FLOW PROCESSES IN OUTLET VANES OF MIXED FLOW FAN

Nikolay Perenovski, Antoaneta Yaneva, Kristian Tzvetkov, Luben Tasev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; perenovski@mgu.bg, antoaneta.yaneva@gmail.com, khc1@abv.bg,

ABSTRACT. A mathematical model of aerodynamic processes in outlet vanes of mixed fan for local ventilation of underground mines is considered in the paper.

Въведение

Въздушният поток, излизащ от изхода на работното колело на диагонален вентилатора, е засукан. За разсукването му се използва изправящ апарат. В него кинетичната енергия на засукания поток се преобразува в статично налягане на вентилатора. При липса на изправящ апарат, в проточната част на вентилатора практически има пълна загуба на статично налягане. Пресмятането на параметрите при процеса на разсукване на потока в изправящия апарат се прави аналогично на пресмятането на параметрите на засукване на потока в работното колело т.е. разглежда се стъпково намаляване на скоростта на засукване на потока в процеса на динамично му взаимодействие с лопатките на изправящия апарат.

Процесът на разсукване на въздушния поток има някои разлики, обусловени от принципни различия в сравнение с процесите на засукване. Например постепенното намаляване на ъгъла на атаката, а следователно и силите на взаимодействие между елементарната частица, намираща се в потока и повърхността на лопатката на изправящия апарат. Друга отличителна особеност на лопатките на изправящия апарат в сравнение с лопатките на работното колело е тази, че лопатките на изправящия апарат при повечето вентилатори са изпълнени от листов профил с вдлъбната форма. Тази форма влияе на ъгъла на взаимодействие на потока с лопатката в различни интервали от време.

Аналитични изследвания

Основен входен изчислителен параметър за пресмятани на геометрията на изправящия апарат е скоростта на засукване на потока на изхода на работното колело. Начално условие за пресмятане на параметрите на процеса на разсукване ще бъде изразът

$$c_{u_{ua}} = c_u, \quad (1)$$

където $c_{u_{ua}}$ е периферната скорост на потока в изправящия апарат;

c_u - периферната скорост на потока в работното колело.

Пълното време $T_{\Sigma ua}$ за взаимодействие на частицата с елементарен обем с лопатката на изправящия апарат се определя по формулата

$$T_{\Sigma ua} = \frac{B_{ua} \cdot \sin \theta_{ua}}{C_a}, \quad (2)$$

където:

B_{ua} е широчината на лопатката на изправящия апарат, m;
 θ_{ua} – ъгълът на ориентация на лопатката на изправящия апарат (фиг.1) ,градуси;

C_a – осовата скорост на движение на въздуха през вентилатора, m/s.

Текущото време за динамично взаимодействие на потока с лопатката на изправящия апарат се определя по формулата:

$$T_{ua} = \int_{T=0}^{T=T_{\Sigma ua}} (dt)_{ua} , \quad (3)$$

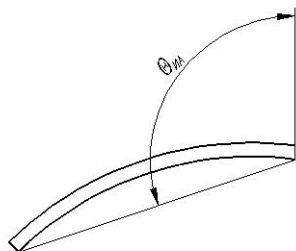
където $(dt)_{ua}$ – безкрайно малък интервал от време (за пресмятането на изправящия апарат), s.

Интервалът от време при пресмятане на скоростта на разсукване може да се определи от израза

$$(dt)_{ua} = \frac{T_{\Sigma ua}}{\Delta_{ua}} , \quad (4)$$

където:

Δ_{ua} – брой на стъпките на интегрирането и се задава от порядъка на $1000 \div 1000000$.



Фиг. 1. Ъгъл на ориентация на лопатките на изправящия апарат

Пресмятането на размера на частицата, намираща се в междуплатковото пространство на изправящия апарат се прави по формулата

$$l_{ua} = \frac{\pi \cdot D_2}{z_{ua}} \cdot \sin(\theta_{ua} - 90) - b_{ua} , \quad (5)$$

където:

z_{ua} е броят лопатки на изправящия апарат, бр.;

b_{ua} - дебелината на лопатката на изправящия апарат, m;

D_2 – диаметърът на изхода на изправящия апарат, m.

Масата на елементарната частица въздух, затворена в междуплатковото пространство на изправящия апарат може да се определи от израза

$$m_{ua} = \rho \cdot l_{ua} \cdot dS , \quad (6)$$

където l_{ua} е дължината на лопатката на изправящия апарат;

ρ - плътността на въздуха;

dS – елементарна площ от лопатката.

Изразът за стъпково определяне на скоростта на разсукване на потока при динамичното му взаимодействие

с лопатката на работното колело е представен с формулата

$$c_{uaa} = c_{uaa} - \frac{c_{uaa}^2}{2 \cdot l_{ua}} \cdot \sin(\Delta\theta) \cdot K_{\text{вн}} \cdot dt , \quad (7)$$

където $K_{\text{вн}}$ е коефициентът на влияние между лопатките, а $\Delta\theta$ е ъгълът между вектора на скоростта на протичане на потока и повърхността на лопатката на изправящия апарат в текущия безкрайно малък интервал от време (фиг.2). За различните безкрайно малки участъци от лопатките на изправящия апарат (dS) този ъгъл има различна стойност. Това е обусловено от два фактора:

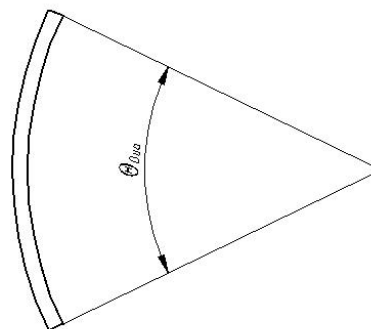
- листовите лопатки имат вдлъбнат профил, поради което в следващия безкрайно малък интервал от време в сравнение с предишния се увеличава ъгълът $\Delta\theta$, а следователно и силата на динамично взаимодействие на въздушния поток с лопатката;
- въздушният поток, преминавайки през изправящия апарат постепенно загубва скоростта си на засукване, в резултат на което постепенно намалява ъгълът между вектора на скоростта и повърхността на лопатката на изправящия апарат, поради което силата на динамично взаимодействие намалява.

За определянето на ъгъл $\Delta\theta$ е необходимо да се направят ред допълнителни пресмятания.

Използува се линеализиран ъгъл на ориентация на лопатката т.е. средната линия на лопатката на изправящия апарат е права, свързваща краищата на хордата на лопатката.

Началният ъгъл на ориентация на лопатката на изправящия апарат в началото на първия безкрайно малък участък от време с отчитане на вдлъбнатостта може да се определи по израза

$$\theta_{uaa} = \theta_{ua} + \frac{\theta_{0ua}}{2} . \quad (8)$$



Фиг. 2. Ъгъл на обхват на лопатката

Текущият ъгъл на ориентация на лопатката на изправящия апарат се определя от израза

$$\theta_{uaa} = \theta_{ua} - d\theta_{0ua} , \quad (9)$$

където $d\theta_{0ua}$ е стъпка на изменение на централния ъгъл на лопатката за всеки безкрайно малък интервал от време, градуси. Тази стъпка може да се изчисли от израза:

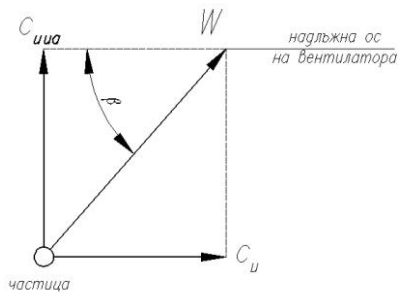
$$d\theta_{0ua} = \frac{\theta_{0ua}}{\Delta t_{ua}}, \quad (10)$$

θ_{0ua} - централен ъгъл на обхвата на лопатката на изправящия апарат, градуси (фиг.2).

Ъгълът между надлъжната ос и направлението на движение на елементарната частица се означава с β . За произволен момент от време той може да бъде определен по формулата

$$\beta = \arctg \frac{c_{uua}}{c_a}, \quad (11)$$

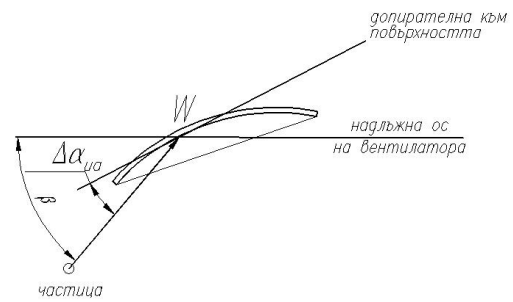
където c_{uua} и c_a са съответно радиалната и осовата скорости на елементарната частица (фиг.3).



Фиг.3. Скоростен триъгълник

Ъгълът между вектора на скоростта на протичане на потока и допирателната към повърхността на лопатката на изправящия апарат за произволен какъв да е момент от време (фиг.4) може да се пресметне по израза:

$$\Delta\alpha_{ua} = \beta - (\theta_{0ua} - 90) \quad (12)$$



Фиг. 4. Траектория на движение на частицата

Условието за приключване на изчисленията е

$$T_{кр ua} \leq T_{ua} + dt_{ua}. \quad (13)$$

Така предложеният математически модел може да послужи за база за създаване на компютърна програма за определяне на геометричните параметри на направляващ апарат на диагонален вентилатор за местно проветряване.

Литература

- Ушаков К.А., И.В. Брусиповский, А.Р. Бушель 1960. *Аеродинамика осевых вентиляторов и элементы их конструкций* М. - Гортехиздат.
- Lewis R.I., E.H. Fisher, A. Saviolakus 1972. *Analysis of mixed-flow rotor cascades*, Dept. of mechanical engineering University of Newcastle - London, Her majesty's stationary office.
- Stepanov A.J. 1980. *Turboblowers - Theory, design and application of centrifugal and axial flow compressors and fans* N. Y. John Wiley & Son, inc.