

## СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЕРОДИНАМИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ОСОВ ВЕНТИЛАТОР

*Николай Переновски, Живко Илиев*

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; perenovski@mgu.bg*

**РЕЗЮМЕ.** В доклада е направено сравнение на резултати, получени с помощта на симулационно изследване, и резултати, получени при реално изпитване на осов вентилатор.

### SIMULATION STUDY OF AERODINAMIC PARAMETERS OF AN AXIAL FAN

*Nikolay Perenovski, Zhivko Iliev*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; perenovski@mgu.bg*

**ABSTRACT.** The results obtained using the simulation study and the results obtained from a real testing of an axial fan are compared in the report.

### Въведение

Рудничните вентилатори служат за проветряване на минни изработки в различните видове рудници. В зависимост от предназначението тези вентилатори имат различни габарити и форма. Вентилаторите с малки и средни диаметри (от 0,4 до 1,2 m) са предназначени за проветряване на неголеми участъци от най-вече глухи изработки, а тези с големи диаметри (над 1,2 m) - за проветряване на целия рудник.

Съвременната практика при проектиране на рудничните вентилатори изисква бързото създаване на нови, превъзхождащи по характеристики старите, модели вентилатори. Съкращаването на времето за разработка на машини с добри характеристики може да стане с помощта на използването на числени методи - в конкретния случай - CFD (**Computational fluid dynamics**) методи и основащите се на тях симулационни програми. Затова е необходима система за автоматизирано проектиране и инженерен анализ, която дава на конструкторите и проектантите инструмент, позволяващ да се направи сравнителен анализ на различни варианти още на етапа на конструирането.

Един от тези продукти за инженерен анализ е модулът на автоматизираната система за проектиране Solidworks - **Flow simulation**. Макар и от сравнително нисък клас продуктът има доста възможности за провеждане на проверочни изчисления, симулиране на флуидни течения, проиграване на различни варианти и сравняването им, оптимизиране на конструкцията на машината.

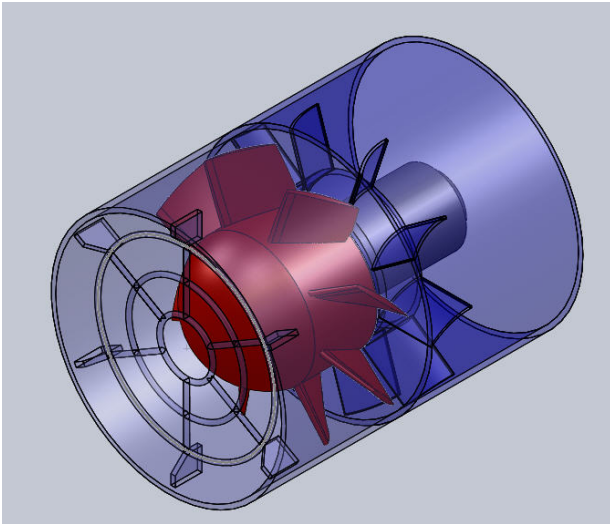
### Синтез на триизмерен компютърен модел на вентилатора

Целта на настоящата публикация е да се направи сравнение на аеродинамичните параметри (налягане и производителност при номинален режим) на осов вентилатор "ОВ-Спартак", получени посредством измервания на реален модел, с параметрите, получени при симулиране на същите режими на компютърен модел на вентилатора. Синтезът на тридименсионния компютърен модел е направен с помощта на продукта Solidworks, при пълно съответствие на геометричните размери на модела и реалната машина. За да се опрости конструкцията и намали времето за изчисления, част от външните елементи на вентилатора са отстранени. Зоната на контакт на флуида с елементите на машината (вътрешната част) обаче, е точно копие на съществуващия реален модел. Компютърният модел е показан на фиг. 1.

Осовият вентилатор е изпълнен по схема НА - РК - ИА. Машината е нерегулируема, т.е. не се променят ориентацията на лопатките на направляващия апарат, работното колело и изправящия апарат, не се променят и оборотите на двигателя.

Сечението на лопатките на работното колело е симетрично, монтирани са на ъгъл 40° и усукани около вертикалната си ос на ъгъл 18°. Лопатките на изправящия апарат са плоски, едностранно огънати, монтирани на ъгъл - 20°.

За да се осигури несмущаване на въздушния поток, в двата края на вентилатора са добавени смукателен и напорен тръбопроводи с диаметър 0,5 m и съответна дължина.



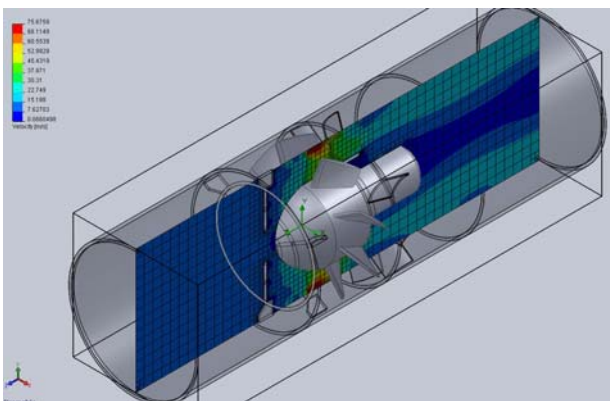
Фиг. 1. Компютърен модел на вентилатор "OB - Спартак"

За коректно провеждане на изследването е необходимо да се зададат начални условия - налягане на входа и изхода на тръбопровода, дефиниране на въртящата област, задаване на оборотите на въртене. Необходимо е също така да се дефинират по подходящ начин и исканите резултати - разлика в налягането на входа и изхода, стойности на скоростта в зоната на работното колело, разпределение на налягането в зоната на работното колело и изправящия апарат, дебит на вентилатора и др.

Прецизира се броят итерации и размерът на отделните елементи на мрежата, необходима за изчисленията. В конкретния случай софтуерният продукт **Flow simulation** използва пълните нелинейни уравнения на Навие-Стокс с отчитане на турбулентността.

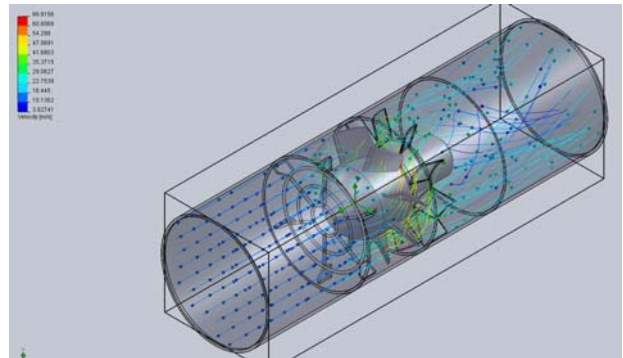
Направеното симулационно изпитване е за номиналните стойности на производителността и налягането на вентилатора при честота на въртене на работното колело  $n = 2950 \text{ min}^{-1}$ .

На фиг. 2 е показано разпределението на скоростта в средното сечение на тръбопровода. На същата фигура е показано и прецизирането на мрежата. При елементите на системата с по-малки размери гъстотата на мрежата е по-голяма (размерите на елементите на мрежата са по-малки), за да може по-точно да бъдат определени търсените величини.



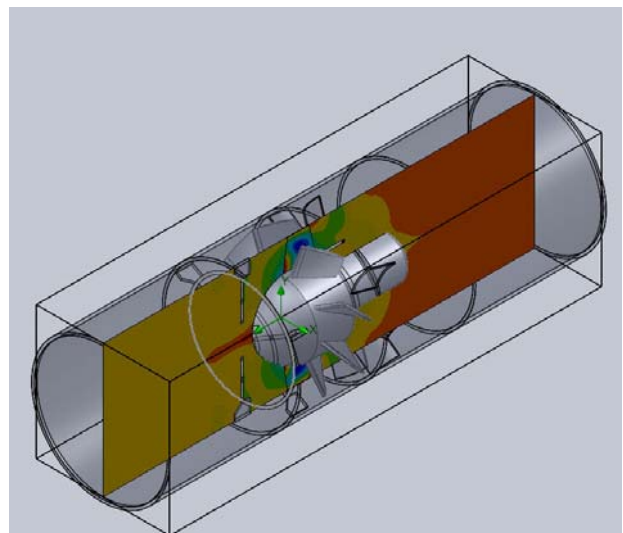
Фиг. 2. Скоростно разпределение на потока

На фиг. 3 е показана траекторията на въздушните частици при преминаването им през направляващия апарат, работното колело и изправящия апарат на вентилатора. Софтуерът дава възможност това движение да се анимира.

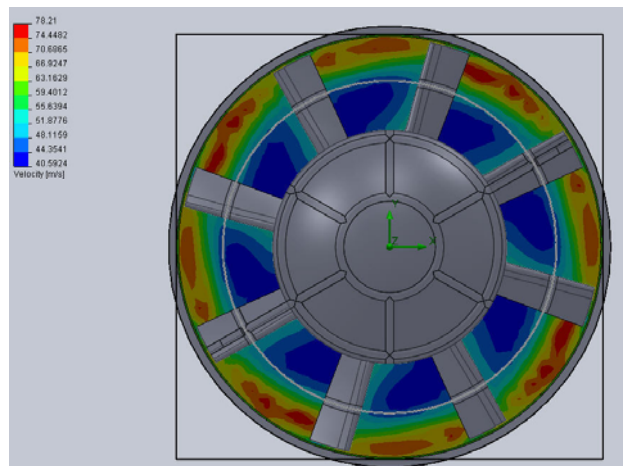


Фиг. 3. Траектория на въздушните частици (токови линии) с отчитане на скоростта на потока

Разпределението на налягането на потока в зоната на изпитване е показано на фиг. 4, а на фиг. 5 – разпределението на скоростта в зоната на работното колело в сечение, перпендикулярно на оста z. Както може да се очаква, най-високото налягане е след изхода на вентилатора, а най-голямата скорост - по периферията на работното колело (зоните в червено).



Фиг. 4. Налягане на потока в средното сечение на тръбопровода



Фиг. 5. Разпределение на скоростта в зоната на работното колело

Получените от симулацията стойности за налягането и дебита за номинален режим на работа на вентилатора са дадени в таблица 1.

Таблица 1.

### Ventilator Spartak.SLDASM [Spartak sim]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
SG Inlet Volume Flow Rate	[m <sup>3</sup> /s]	2.93	2.90	2.86	2.93
SG Inlet Av Total Pressure	[Pa]	101325.00	101325.00	101325.00	101325.00
SG Outlet Av Total Pressure	[Pa]	102493.53	102493.96	102492.93	102494.45
Pressure drop	[Pa]	1168.53	1168.96	1167.93	1169.45

Iterations: 495

Analysis interval: 62

Опитно получените стойностите на дебита и на налягането за номинален режим на работа на вентилатора са съответно:

$$Q = 2,75 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$p = 1120,9 \text{ Pa (112,09 mmH}_2\text{O)}.$$

Разликата в средните стойности на дебита е 0,15m<sup>3</sup>/s, а в средните стойности на налягането е 48,06Pa.

Изразена в проценти, тази разлика се получава съответно:

- за дебита - 5,45%;

- за налягането - 4,28%.

Вероятните причини за възникване на тези разлики са две. Първо - зададеният при симулацията вид на флуида е атмосферен въздух, чиято плътност е 1,2kg/m<sup>3</sup> (това е стойност, която е зададена от симулационната програма и не може да се променя), а при реалното изпитване измерената плътност на въздуха е 1,16kg/m<sup>3</sup>. Втората възможна причина за поява на разлики е несъответствието в грапавостта на елементите, с които контактува флуидът. За улеснение при симулацията всички контактни повърхности са дефинирани като "real walls" с една и съща

грапавост, което за реалния модел не е точно така - вероятно грапавостта на тръбопровода има една стойност, на направляващия апарат - друга, на работното колело - трета и т.н.

От гледна точка на инженерните изчисления обаче и двете стойности на разликите са приемливи - и двете са около 5%.

## Заклучение

Показаното сравнение на двата начина на изследване - симулационното и реалното - и получените резултати дават основание да се твърди, че симулационното изследване (на осовия вентилатор в конкретния случай) осигурява достатъчно достоверни данни (при коректно зададени начални условия и точно синтезиран компютърен модел), които могат да служат като база за разработване на реална машина. Този тип изследване може предварително да ориентира конструкторите за очакваните аеродинамични параметри на базата на вече синтезирания триизмерен модел, без да е необходимо изработването на реален такъв.

## Литература

Lombard Matt. 2010. *Solidworks 2010 Bible*. www.wiley.com  
Solidworks corp. 2010. *Flow Simulation 2010 Tutorials*.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Механизация на мините“.