

## Изследване на вентилаторната мощност на схема за аерация

Кондю Андонов, Красимир Ениманев, Иван Евстатиев, Константин Коев,  
Анка Кръстева

*An Investigation of the Power of Fun for a Plan for Aeration: A modular element for constructing of manufacturing building using aeration is constructed for experimental investigations. Their results for the air delivery, head and equivalent power of fun when the air circulates in the contour of the modular element, forced of the gravitation in the chambers, are taken readings and they has been described.*

**Key words:** Renewable Energy Sources, Natural Ventilation (Aeration), Energy Efficiency

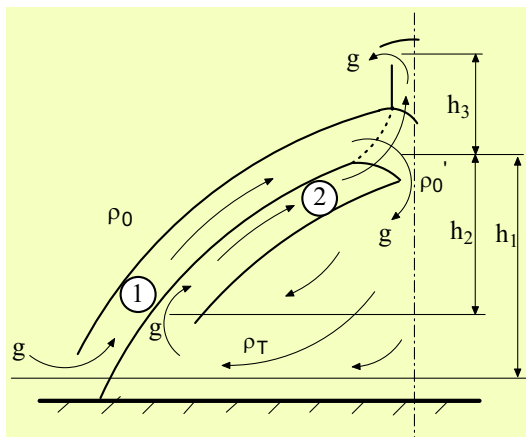
### ВЪВЕДЕНИЕ

Изграден е обект от четири експериментални камери на модулел елемент, на базата на схема с управляема естествена вентилация (аерация) [2]. Проведени са изследвания за оценка на утилизираното количество топлина в модула във функция от параметрите на камерите [1]. Целта на настоящото изследване е да се установи еквивалентната вентилаторна мощност, генерирана от гравитационния напор, осигуряващ циркулацията на въздушния поток при аерация.

### ОБЕКТ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обектът на изследването е построения модулел елемент за аерация, принципната схема на който е представена на фиг.1. Използвана е носещата конструкция на метален полуцилиндричен навес с широчина 10 m и височина 5 m. Състои се от четири камери, с различно сечение на приточните канали [1].

Разработена е система за автоматизация на процеса на изследване, базирана на персонален компютър със специализиран софтуер, свързан с цифрови датчици и локален контролер чрез серийни интерфейси [3]. Локалният контролер е изграден на базата на едночипов микроконтролер [4]. Чрез компютърната система се осигурява не-прекъснато регистриране на скоростта на въздуха в каналите, температурите на атмосферния въздух и на въздуха в камерите, като необходима информация за определяне на енергетичните характеристики на модула.



Фиг.1. Схема на елементите и параметрите на модулния елемент:  
1 - приточен канал, 2 – изсмукващ канал

В табл. 1 са представени стойностите на параметрите за всяка от камерите.

Таблица 1  
Параметри на експерименталните камери на модулни елемент

Камера, тип	Геометрични височини, m			Площ, m <sup>2</sup>	Размери на каналите, m		Дължини на каналите, m	
	$h_1$	$h_2$	$h_3$		a	b	1	2
Камера 1 (K1)	4,8	4	1,2	9	1,8	0,16	7,8	7
Камера 2 (K2)	4,8	2,5	1,2	9	1,8	0,24	7,8	7
Камера 3 (K3)	4,8	4	1,2	9	1,8	0,24	7,8	7
Камера 4 (K4)	4,8	4	1,2	9	1,8	0,08	7,8	6

Данните се обработени чрез зависимостите:

- *масова плътност на въздуха.*

Чрез екстраполация е изведена зависимост за определяне масовата плътност на въздуха  $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>, при дадена негова температура  $\theta$ , °C

$$\rho = -0,0043.\theta + 1,293, \quad (1)$$

- *дебит на циркулация през каналите въздух*

$$g_1 = 0,272.v_1; \quad g_2 = 0,408.v_2; \quad g_3 = 0,408.v_3; \quad g_4 = 0,136.v_4, \quad (2)$$

където  $v_1, v_2, v_3$  и  $v_4$  са скоростите на движение на въздуха през каналите, m/s;

$g_1, g_2, g_3, g_4$  - дебитът на въздушните потоци през камерите, m<sup>3</sup>/s;

0.136, 0,272, 0.408 – площите на напречното сечение на каналите на камерите, m<sup>2</sup>.

- *гравитационен напор*

$$\bar{P}_c = 9,81 \cdot \left[ \left( h_1 + h_3 + \frac{h_2}{2} \right) (\rho_0 - \rho_T) \right] - \frac{h_2}{2} \cdot (\rho_0' - \rho_T), \quad (3)$$

$$e_i = \frac{v_p^2}{v_i^2}, \quad (4)$$

$$P_g = g \cdot \bar{P}_c, \quad (5)$$

където  $\bar{P}_c$  е гравитационният напор, създаван от контура за въздухообмен, Pa;

$\rho_T$  - масовата плътност на въздуха в помещението, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_0$  - масовата плътност на атмосферния въздух въздух, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_0'$  - масовата плътност на атмосферния въздух при постъпване в помещението, kg/m<sup>3</sup>;

$h_1, h_2, h_3$  - геометричните височини, осигуряващи гравитационния напор, m;

$e_i$  - еквивалентният коефициент на енергийните загуби спрямо системите с принудително вентилиране;

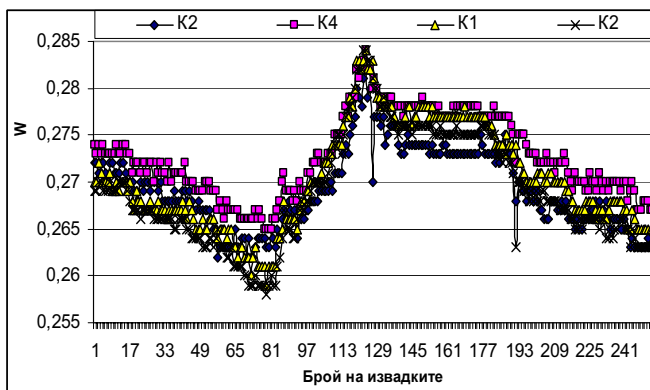
$v_p$  - скоростта на движение на въздушните потоци при системите с принудителна вентилация, m/s;

$v_i$  - скоростта на движение на въздушните потоци при системите с естествена вентилация, m/s;

$P_g$  - приведената вентилаторна мощност от гравитационните сили в експерименталните камери, W.

### Резултати от изследването

Изведени са 31 записа за денонощните изменения на наблюдаваните величини. Характерът на извежданата информация е представен на фиг.2, където са показани денонощните стойности на вентилаторната мощност във всяка от наблюдаваните камери.



Фиг.2. Денонощни изменения на гравитационния напор в експерименталните камери

Денонощните извадки са обработени и са получени средните стойности за денонощния ход на процеса. Чрез представените зависимости са определени стойностите на масовите и енергийни потоци за всяка от камерите. Резултатите са ранжирани и градираны по нивата на температурата на атмосферния въздух. Част от тях са представени в табл.2.

**Нива на скоростта и дебита на въздушните потоци през камерите.** Установените стойности за скоростта на въздушните потоци, в каналите на всяка от камерите, са представени в табл.2, колони 10, 11, 12 и 13. Интервалът на изменение на скоростта е (0,1...1,65) m/s, а средните ѝ стойности в камерите, в m/s, са: за K3 - 0,438, K4 - 0,813, K1 - 0,404 и за K2 - 0,313. Пропорционални на скоростите са дебитите на въздушните потоци. Средните им стойности (табл.2, колони 2,3,4 и 5),

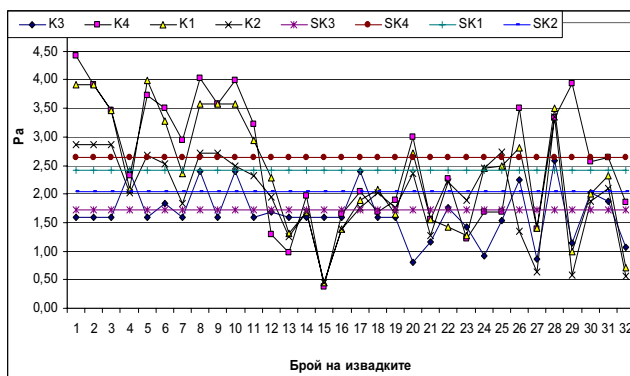
Таблица 2  
Разпределение на средните стойности на дебита, вентилаторната мощност и скоростта на въздушните потоци през камерите, в зависимост от температурата на атмосферния въздух

Температура на атмосфер. въздух $\theta, ^\circ\text{C}$	Дебит $g, m^3 / s$				Вентилаторна мощност $P_g, W$				Скорост $v, m / s$			
	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	0,096	0,064	0,067	0,087	0,16	0,25	0,25	0,25	0,24	0,47	0,24	0,21
5	0,10	0,073	0,073	0,096	0,17	0,26	0,26	0,26	0,25	0,53	0,26	0,23
7	0,13	0,121	0,137	0,137	0,21	0,2	0,19	0,19	0,32	0,87	0,52	0,33
8	0,11	0,098	0,106	0,114	0,25	0,20	0,20	0,20	0,26	0,69	0,4	0,28
10	0,145	0,098	0,111	0,115	0,17	0,235	0,235	0,235	0,365	0,74	0,40	0,285
15	0,225	0,145	0,160	0,180	0,325	0,265	0,24	0,295	0,425	0,815	0,48	0,41
17	0,205	0,145	0,205	0,100	0,24	0,245	0,26	0,26	0,495	1,05	0,395	0,25
18	0,27	0,155	0,135	0,280	0,315	0,30	0,26	0,25	0,965	0,42	0,29	0,39
20	0,19	0,150	0,210	0,190	0,383	0,38	0,42	0,36	0,47	1,13	0,76	0,46
22	0,32	0,190	0,190	0,180	0,602	0,5	0,44	0,38	0,77	1,42	0,69	0,45
23	0,33	0,190	0,150	0,170	0,352	0,35	0,11	0,1	0,47	0,27	0,21	0,25

при различните сечения на каналите и температура на околната среда, са

пресметнати чрез формула (2). Средни-те стойности на дебитите, в  $m^3/s$ , са: за камера K3 – 0,184, K4 - 0,130, K1 – 0,119 и за K2 – 0,136. Средните стойности на гравитационния напор по камери, в зависимост от температурата на атмосферния въздух, пресметнати по формула (3), са представени в графичен вид на фиг.3. Средните стойности на очаквания гравитационен напор, в Pa, по камери, са: SK3 – 1,72, SK4 – 2,63, SK1- 2,42 и SK2 – 2,05 (фиг.3).

**Нива на еквивалентната вентилаторна мощност.** Регистрираните чрез компютърната система стойности на температурите през денонощието, заедно с определените по формули (1), (2) и (3), съответно масова плътност на въздуха, дебит на циркулиращия през каналите въздух и генериран гравитационен напор, се използват за определяне, чрез формула (5), на еквивалентната вентилаторна мощност на циркулиращите през камерите, под действие на гравитационните напори, въздушни потоци. Средните стойности на мощностите, в зависимост от температурата на атмосферния въздух, са представени в табл.2 (колони 6, 7, 8 и 9).



Фиг.3. Разпределение на средните стойности на гравитационния напор в експерименталните камери

В табл.3 са представени средните приведени стойности на величините от изчисленията (дебит, скорост и мощност). Стойностите на величините се привеждат към дебит през каналите  $1 m^3/s$ , като еталонна мярка за определяне на очакваните икономии от електроенергия чрез системите за аерация. Дадени са: квадратите на скоростите  $v^2$  и дебитите  $g$  в каналите, както и мощностите  $P_g$ , приведени към дебит  $1 m^3/s$ .

Приети са еталонни скорости на движение на въздуха, при принудително вентилиране: 1, 2, 3 и 4 m/s. Стойностите на коефициента  $e_i$ , за тези скорости, са (1,513...163,216), а еквивалентната вентилаторна мощност, за същите скорости, е (0,004 ...0,293) kW. Възможната икономия на електрическа енергия е (2,7..218) kWh/месец.

Таблица 3  
Средни приведени стойности на величините

Величини	K3	K4	K1	K2
1	2	3	4	5
Дебит $g, m^3/s$	0.184	0.130	0.119	0.136
Скорост $v, m/s$	0.438	0.813	0.404	0.313
Мощност $P_g, W$	0.287	0.312	0.249	0.244
Квадрат на скоростите в каналите $v^2, (m/s)^2$	0.192	0.661	0.163	0.098
Дебити в каналите, приведени към дебит $g = 1 m^3/s$	5.442	7.675	8.428	7.351
Мощност $P_g, W$ , при дебит $g = 1 m^3/s$	1.560	2.391	2.095	1.795

Продължение на табл. 3

1	2	3	4	5	
Стойности на коефициента $E_j$ , при еталонни скорости (1...4) m/s	1 m/s	5.207	1.513	6.119	10.201
	2 m/s	20.829	6.050	24.476	40.804
	3 m/s	46.865	13.613	55.071	91.809
	4 m/s	83.315	24.201	97.904	163.216
Еквивалентна вентилаторна мощност (kW), при еталонни скорости (1...4) m/s	1 m/s	0.008	0.004	0.013	0.018
	2 m/s	0.032	0.014	0.051	0.073
	3 m/s	0.073	0.033	0.115	0.165
	4 m/s	0.130	0.058	0.205	0.293
Възможно икономия на електрическа енергия, kWh/месец, при еталонни скорости (1...4) m/s	1 m/s	6.0	2.7	9.5	13.6
	2 m/s	24.2	10.8	38.2	54.5
	3 m/s	54.4	24.2	85.8	122.6
	4 m/s	96.7	43.1	152.6	218.0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от изследването показват актуалността на използването на гравитационния напор при вентилиране на производствените помещения чрез аерация. Постига се икономия на електрическа енергия - (2,7...218) kWh/месец, отпада необходимостта от електрически вентилатори и система от въздуховоди, липсва шум, намалява се степента на запрашеност, осигурява се естествен контакт с околната среда вътре в помещенията.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Андонов К., Кр. Ениманев, И. Евстатиев, К. Коев. Изследване на енергийната ефективност на модулел елемент за аерация. Научна конференция Русенски университет „Ангел Кънчев” – Русе, 2008 (под печат).

[2]. Ениманев К., И. Евстатиев, К. Андонов, Б. Евстатиев. Обект и компютърна система за изследване на модулни ергономични унифицирани елементи за индустриален инженеринг на стопански сгради. Международна конференция по мениджмънт и инженеринг, София, 2008.

[3]. Иванов Р., О. Асенов. Архитектура и системно програмиране за Pentium базирани компютри. Габрово. 1998.

[4]. Смрикаров А., Ц. Василев, И. Цанков, С. Смрикарова. Едночипови микрокомпютри PIC16C74, MC68HC705P9, PC80C552, развойни системи. Русе. 2000.

### За контакти:

Проф. д-р инж. Кондю Андонов, Катедра “Електроснабдяване и електрообзавеждане”, РУ “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 302, 749, e-mail: [kandonov@ru.acad.bg](mailto:kandonov@ru.acad.bg)

Доц. д-р инж. Красимир Ениманев, Катедра “Икономика”, РУ “Ангел Кънчев”.

Доц. д-р инж. Иван Евстатиев, Катедра “Електроника”, РУ “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 772, e-mail: [ievstatiev@ecs.ru.acad.bg](mailto:ievstatiev@ecs.ru.acad.bg)

Гл. ас. д-р инж. Константин Коев, Катедра “Електроснабдяване и електрообзавеждане”, РУ “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 616, e-mail: [kkoev@ru.acad.bg](mailto:kkoev@ru.acad.bg)

### Докладът е рецензиран.