

EWA ZENDER-ŚWIERCZ
JERZY ZBIGNIEW PIOTROWSKI

Kielce University of Technology
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce, Poland
e-mail: ezender@tu.kielce.pl
e-mail: jzpiotr@tu.kielce.pl

CALCULATION OF TEMPERATURE IN VENTILATING ROOF SPACE

Abstract

Condensation is a problem in the roof space. The solution to this problem is an air – hole in the roofing. We can calculate the air temperature in the roof space with equations found in literature. The modified equations are presented in this article. They take the air – hole area into consideration.

Keywords: ventilating roof space, air grates, moisture condensation

1. Introduction

In ventilating roof space the temperature is constantly changing. It depends on weather conditions and air grates size [1]. This situation has an influence on humidity in the flat – roof. One of the consequences might be the condensation of moisture.

We suggest the modified calculation method, in which an internal temperature and hipped roof temperature is considered.

2. Subject of an analysis

The analysed roof is equipped with eight air grates. Air grate size is equal to 0.15 x 0.21m. Roof inclination is 20°. Roofing is made of galvanized steel.

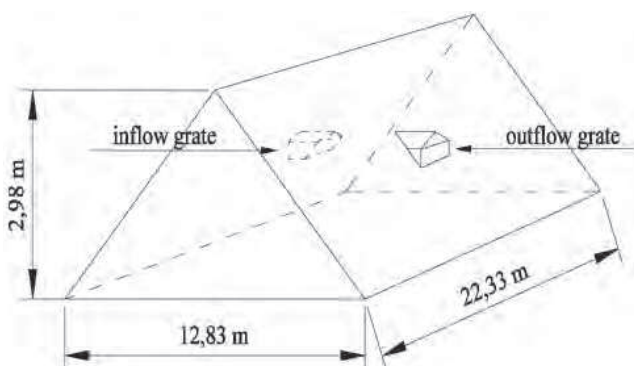


Fig. 1. Scheme of the roof space

Analyzed roof was located in Kielce. The ceiling surface is 286.5 m², while the roofing surface is 315.8 m². Heat transfer coefficient is equal to

$$0.32 \frac{W}{m^2 \cdot K} \text{ and } 5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

During the measurement the air grates were covered and uncovered.

3. The analysis of the results of measurement and calculations

During the measurement the external air humidity was changing (Fig. 2). The average internal humidity was 56%. After uncovering the air grates it equalled 76%.

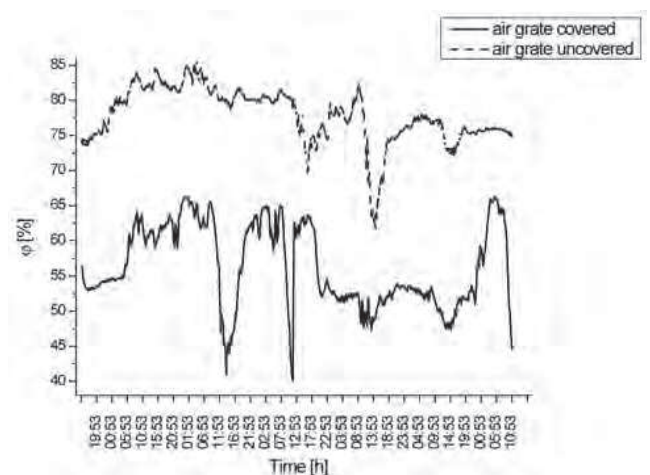


Fig. 2. External air humidity

During the analysis of internal air humidity (Fig. 3) its average value was 75%. After uncovering the air grates it equalled 76%.

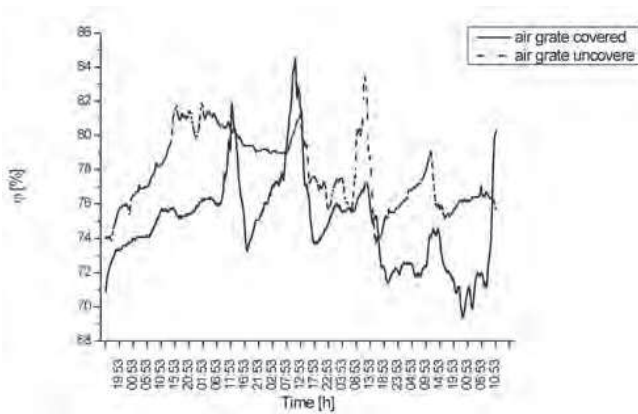


Fig. 3. The internal air humidity

In spite the low humidity of external air, the humidity of internal air was high. Its value was almost the same when the humidity of external air was high but the air grates were covered. We can conclude that when the humidity of external air is high and the air grates are uncovered, the humidity of internal air increases. As a result of this condensation can occur.

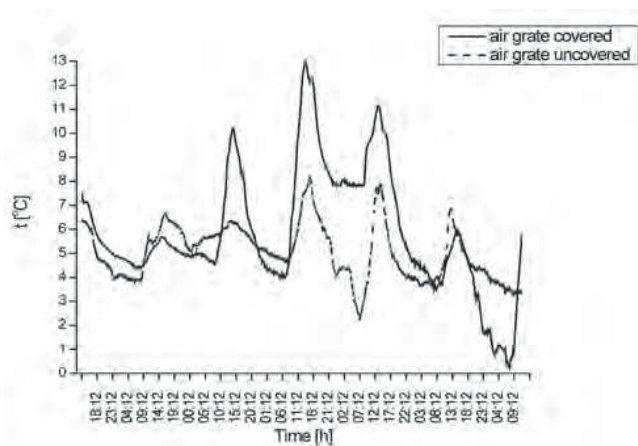


Fig. 4. Temperature of internal air

The average value of the temperature in the roof space was 3.8°C. After the air grates were uncovered the temperature increased to 5.9°C.

4. Calculation and analysis

The calculation of the temperature in the roof space was made using the formulas from the literature [2].

Steady – state temperature in some distance from inflow – grate is given by:

$$t_{st} = \frac{U_i \cdot t_i + U_e \cdot t_e}{U_i + U_e} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

where: U_i – heat transfer coefficient of the ceiling, U_e – heat transfer coefficient of the roofing surface, t_i – temperature of internal air, t_e – temperature of external air.

$$t_{st} = 3.11 \text{ [}^\circ\text{C]}]$$

The above formula does not take into account the surface of inflow – grate. The new formula, where this parameter is considered, is proposed.

The air velocity inside roof space is much lower than wind velocity. So we can presume that pressure of internal air is the same barometric pressure (statical). Therefore pressure loss is equal to:

$$\Delta p_N = K_1 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_N \text{ [Pa]} \quad (2)$$

where: K_1 – aerodynamic coefficient, v – external air velocity, ρ_N – air density.

On the basis of above-mentioned the modified formula is proposed:

$$G_N = \mu_N \cdot F_N \cdot \sqrt{2 \cdot K_1 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_N^2} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad (3)$$

where: μ – spreading of inflow air coefficient, F_N – inflow – grate surface, K_1 – aerodynamic coefficient, v – external air velocity, ρ_N – air density.

$$G_N = 0.001 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] = 3.71 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Now the calculation of air temperature in roof space is given by:

$$t_p = \frac{U_i \cdot F_i \cdot t_i + U_e \cdot F_e \cdot t_e + c_p \cdot G_N \cdot t_e}{U_i \cdot F_i + U_e \cdot F_e + c_p \cdot G_N} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (4)$$

where: U_i – heat transfer coefficient of the ceiling, U_e – heat transfer coefficient of the roofing, t_i – internal air temperature, t_e – external air temperature, F_i – ceiling surface, F_e – roofing surface, C_p – specific heat of air, G_N – air stream.

$$t_p = 3.0 \text{ [}^\circ\text{C]}]$$

When the temperature is calculated and the humidity is measured the dew point may be determined (Mollier graph) $t_R = -0,1^\circ\text{C}$.

The next step is calculation of the roofing surface temperature:

$$t_{pow} = t_p - \frac{U_e}{\alpha_w} \cdot (t_p - t_e) [\text{°C}] \quad (5)$$

where: α_w – heat transfer coefficient.

$$t_{pow} = 2.5 [\text{°C}]$$

Because the roofing surface temperature is higher than the dew point, the moisture will not condense.

The calculated values were compared against the measured ones. The calculated and measured temperatures were similar. The average measured temperature was 3.08°C. While carrying out this experiment we didn't notice any condensation. It may confirm the correctness of the formulas used.

5. Conclusions

The proposed method of calculation makes it possible to determine the internal temperature in roof space. It includes the inflow – grates surfaces. Additionally, the temperature of roofing surface may be calculated. It enables to estimate the moisture condensation.

References

- [1] Zender-Świercz E., Piotrowski J.Zb. (2008): *Microclimate in rooms with the individual system of air intake*; Indoor Air 2008 – materiały konferencyjne The 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Copenhagen, Denmark.
- [2] Pogorzelski J.A. (1976): *Thermal physics of structure*, Warsaw.

Ewa Zender-Świercz
Jerzy Zb. Piotrowski

Obliczanie temperatury powietrza w przestrzeni dachów wentylowanych

1. Wstęp

W przestrzeni dachów następuje ciągła zmiana temperatury powietrza uzależniona od warunków zewnętrznych oraz wielkości otworów wentylacyjnych. To bezpośrednio oddziałuje na stan wilgotności w przestrzeni stropodachu, a w konsekwencji na możliwość wykrapłania pary wodnej.

W artykule zaproponowano metodykę obliczenia temperatury w przestrzeni dachu wentylowanego oraz temperatury połączenia dachowej. Ponadto obliczenia zweryfikowano wykorzystując badania wstępne.

2. Przedmiot analizy

Dach poddany analizie wyposażony był w osiem kratki wentylacyjnych o wymiarach 0,15 x 0,21 m. Nachylenie dachu wynosiło 20°. Pokrycie wykonano ze stali ocynkowanej.

Analizowany dach zlokalizowany był w Kielcach. Powierzchnia stropu wynosiła 286,5 m², natomiast połączenia dachowej 315,8 m². Współczynniki przenikania ciepła wynoszą odpowiednio:

$$0,32 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{oraz} \quad 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Podczas analizy dokonano pomiarów przy osłoniętych i odsłoniętych kratkach wentylacyjnych

w celu określenia czy w warunkach rzeczywistych wentylacja przestrzeni dachowej zmniejsza wilgotność powietrza.

3. Analiza wyników pomiarów

Podczas wykonywania pomiarów wilgotność powietrza zewnętrznego uległa zmianie. Średnia wartość mierzonego parametru, gdy otwory wentylacyjne były zasłonięte wynosiła 56%. Natomiast po odsłonięciu kratki wynosiła 76%.

Średnia wartość wilgotności powietrza w przestrzeni dachu wyniosła 75%, gdy zasłonięto otwory wentylacyjne oraz 76% gdy kratki były odsłonięte.

Wilgotność powietrza w przestrzeni dachu jest niemal taka sama przy niższej wilgotności powietrza zewnętrznego i zasłoniętych otworach wentylacyjnych jak przy wyższej wilgotności zewnętrznej, ale otwartych otworach wentylacyjnych. Można wnioskować, iż w przypadku większej wilgotności powietrza zewnętrznego przy zasłoniętych kratkach wentylacyjnych wilgotność powietrza w przestrzeni dachu niebezpiecznie wzrośnie.

Średnia temperatura w przestrzeni dachu wynosiła 3,8°C. Natomiast po odsłonięciu otworów wentylacyjnych wartość parametru wzrosła do 5,9°C.

4. Obliczenia i ich analiza.

Wykonano obliczenia temperatury w przestrzeni stropodachu w oparciu o sformułowane w literaturze wzory.

Ustalona temperatura powietrza w pewnej odległości od wlotu powietrza wyniosła 3,11°C

Dostępne w literaturze wzory nie uwzględniają powierzchni kratek nawiewnych w określeniu temperatury w przestrzeni dachu dlatego zaproponowano wzór, w którym wielkość ta występuje.

Uzyskano następujący wzór pozwalający obliczyć strumień powietrza dopływającego do przestrzeni dachu:

$$G_N = \mu_N \cdot F_N \cdot \sqrt{2 \cdot K_1 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_N^2} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

Obliczona wartość według powyższego wyniosła 3,71 kg/h.

Dla obliczonego strumienia powietrza można obliczyć temperaturę powietrza w przestrzeni dachu:

$$t_p = \frac{U_i \cdot F_i \cdot t_i + U_e \cdot F_e \cdot t_e + c_p \cdot G_N \cdot t_e}{U_i \cdot F_i + U_e \cdot F_e + c_p \cdot G_N} \left[^\circ\text{C} \right]$$

Obliczona temperatura powietrza wyniosła 3°C.

Dla obliczonej wartości temperatury oraz zmierzonej wilgotności powietrza w przestrzeni dachu

odczytujemy (wykorzystując wykres $h - X$) temperaturę punktu rosy $t_R = -0,1^\circ\text{C}$.

W kolejnym kroku obliczono temperaturę powierzchni dachu, która wyniosła 2,5°C.

Temperatura powierzchni dachu jest wyższa od temperatury punktu rosy stąd na podstawie obliczeń można stwierdzić, iż nie będziemy mieć do czynienia z wykraplaniem wilgoci.

Porównując wartości obliczone wg wzorów z wielkościami mierzonymi w obiekcie rzeczywistym okazało się, iż temperatury obliczone obiema metodami były zbliżone do wartości wskazanej przez mierniki. Średnia wartość zmierzona temperatury wyniosła bowiem 3,08°C.

Ponadto podczas wykonywania badań nie zaobserwowano wykrapłania wilgoci co może potwierdzać słuszność wzorów.

5. Wnioski

Zaproponowana metoda umożliwia obliczenie temperatury powietrza w przestrzeni dachu wentylowanego z uwzględnieniem powierzchni otworów wentylacyjnych. Dodatkowo można obliczyć temperaturę powierzchni połączenia dachowej co pozwala na określenie zagrożenia skraplaniem się pary wodnej.

Porównanie zaproponowanej metodyki ze stosowanymi obecnie wzorami nie rozstrzyga jednoznacznie użyteczności wzorów zatem potrzebne są dalsze badania terenowe w celu weryfikacji obliczeń.