
INDICATEURS ÉNERGÉTIQUES SPECIFIQUES AUX FAÇADES VENTILÉES ET VITRÉES

Monica CHERECHEȘ^{1,*}, Nelu - Cristian CHERECHEȘ², Sebastian HUDIȘTEANU²

¹Institute National de Recherche et Développement dans la Construction „URBAN-INCERC”, Iasi

²Université Technique „Gheorghe Asachi”, Iasi, Département d'Ingénierie des Installations

* Auteur correspondant: M. Cherecheș, e-mail: putina_monica@yahoo.com

RESUME

L'évaluation des performances énergétiques des façades ventilées et vitrées peut être réalisée à l'aide des indicateurs spécifiques. L'article présente deux de ceux-ci, définis en fonction de saison, ainsi: l'indicateur d'efficacité de préchauffage η pour la saison froide et l'indicateur d'efficacité d'isolation dynamique ε pour la saison chaude. A l'aide de ces deux indicateurs on a réalisé une étude regardant l'évolution de ceux-ci dans des conditions climatiques différentes, spécifiques à la Roumanie. Des corrélations fonctionnelles ont été obtenues pour un modèle de façade ventilée et vitrée, en variant à chaque fois un paramètre spécifique. Les résultats ont été représentés sous la forme des diagrammes de corrélations par lesquelles on peut déterminer et comparer les caractéristiques des façades ventilées et vitrées.

Mots clés: façade ventilée ; vitrage ; indicateurs énergétiques ; diagrammes de corrélation

REZUMAT

Evaluarea performanțelor energetice ale fațadelor ventilate și vitrate se poate realiza cu ajutorul unor indicatori specifici. Articolul prezintă doi dintre aceștia, definiți în funcție de sezon, astfel: indicator de eficiență preîncălzire pentru sezonul rece și indicator de eficiență izolație dinamică pentru sezonul cald.

1. INTRODUCTION

Au niveau européen sont réalisés de nombreuses études sur les façades ventilées et entièrement vitrées de type double peau. Mais, pour comprendre la complexité des processus thermo-aérodynamique et pour la conception de ces façades adaptées aux conditions climatiques de chaque pays, d'autres recherches sont nécessaires. Ainsi, il est encore utile d'obtenir des données qui

Cu ajutorul acestora s-a realizat un studiu referitor la evoluția celor doi indicatori în condiții climatice diferite, specifice României. Corelațiile funcționale s-au obținut pentru un model de fațadă ventilată și vitrată, prin varierea câte unui parametru specific. Rezultatele s-au reprezentat sub formă de diagrame de corelație prin care se pot determina și compara caracteristicile fațadelor ventilate și vitrate.

Cuvinte cheie: fațadă ventilată; vitraj; indicatori energetici; diagrame de corelație

ABSTRACT

The evaluation of the energy performance of ventilated and glazed façades can be done based on specific indexes. The paper presents two of those, defined as a function of season, i. e. the preheating efficiency index for the cold season and the dynamic isolation efficiency for the hot season. A study was performed concerning the evolution of the two indexes in different climatic conditions, specific to Romania. The functional correlations were obtained for a ventilated and glazed façade model, by varying the specific parameters one by one. The results were presented as correlation diagrams by which the characteristic of ventilated and glazed façades can be determined.

Key words: ventilated façades; glazing; energy indices; correlation diagrams

caractérisent le fonctionnement de ce type de façade. Celles-ci peuvent être obtenues par des mesures en laboratoire ou en situ.

Même si au cours des 40 dernières années en Roumanie il y a eu des nombreuses recherches sur des espaces solaires ventilés, dont les dernières datent du 2008 jusqu'au 2010 [1, 2], dans notre pays il n'y a pas encore des bâtiments finalisés avec des façades double peau sur lesquelles on peut réaliser des surveillances in situ.

Par ailleurs, les paramètres généralement adoptés afin d'évaluer les performances des enveloppes traditionnelles des bâtiments (comme par exemple le U) ne s'applique plus aux façades ventilées et vitrées [3, 6, 7]. Ainsi, il est nécessaire d'introduire des nouveaux indicateurs pour évaluer les performances de ces types de façades en termes d'économie d'énergie.

2. INDICATEURS DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Deux types différents d'efficacité ont été définis:

- a) efficacité de préchauffage η [4, 5];
- b) efficacité d'isolation dynamique ε [3].

2.1. Efficacité de préchauffage

La capacité de la façade pour préchauffer l'air à l'intérieur du canal peut être évaluée en calculant l'indicateur η [4, 5], ainsi:

$$\eta = \frac{T_{exh} - T_i}{T_i - T_o} \quad (1)$$

Ce paramètre peut estimer les performances de la façade pour la récupération de l'énergie, en particulier pendant la saison froide, lorsque la température extérieure est inférieure à celle intérieure.

Dans l'équation (1) on a:

T_i - température de l'air à l'intérieur de l'espace ci-joint à la façade (chambre test/expérimentale);

T_o - température extérieure;

T_{exh} - température de l'air à la sortie de la façade (évacuée / extrait).

L'indicateur η est le rapport de l'enthalpie liée à l'écoulement de l'air dans le canal et de l'enthalpie nécessaire pour chauffer l'air de ventilation. En analysant la valeur de η on peut déterminer si:

- la façade ne peut pas récupérer l'énergie ($\eta < 0$) lorsque la température de l'air qui est évacué est inférieure à la température de l'air intérieur ($T_{exh} < T_i$). Dans cette situation, l'air intérieur se refroidit et le seul effet

positif de la façade ventilée est l'isolation dynamique assurée par la circulation de l'air;

- la façade peut préchauffer partiellement l'air extrait ($0 < \eta < 1$) à une température inférieure à la température intérieure. Dans ce cas, un chauffage supplémentaire est nécessaire avant d'introduire l'air dans la chambre;

- la façade peut compenser entièrement les pertes de ventilation et éventuellement une perte de chaleur à travers de l'enveloppe ($\eta \geq 1$). Plus précisément, si:

- $\eta = 1$, la façade préchauffe complètement l'air de ventilation (il n'y a pas des pertes par ventilation);

- $\eta > 1$, la façade chauffe l'air de ventilation à une température supérieure à la température ambiante, en compensant entièrement les pertes de ventilation et en permettant la compensation partielle pour autres pertes de chaleur qui travers le reste de l'enveloppe (pertes par transmission).

De toute évidence, cet indice est adapté afin d'évaluer les performances de la façade dans la saison de chauffage, mais il ne peut pas être utilisé pendant la saison chaude, lorsque la façade doit réduire la température dans les espaces occupés.

Il n'est pas possible de définir d'une manière unique le début ou la fin d'une saison chaude ou froide. Le bilan énergétique de l'environnement intérieur est cela qui détermine le nécessaire de chauffage et / ou de refroidissement. En outre, pendant les saisons intermédiaires, un bâtiment doit être chauffé pendant la nuit et tôt le matin, et aussi refroidi dans la journée.

2.2. Efficacité d'isolation dynamique

Afin d'évaluer la performance d'une façade ventilée, en termes de réduction des apports de chaleur, on a adopté le paramètre ε défini comme l'efficacité d'isolation dynamique [3], ainsi:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_r}{\dot{Q}_{inc}} \quad (2)$$

où :

$\dot{Q}_r$ - flux de chaleur transporté par l'air à l'intérieure de la façade;

$\dot{Q}_{inc}$ - flux de chaleur entrant par la surface vitrée extérieure de la façade.

L'efficacité d'isolation dynamique est la quantité du flux de chaleur qui est évacuée par l'écoulement de l'air de la cavité de la façade, par rapport au flux total de chaleur qui entre dans la façade vitrée extérieure.

On peut évaluer ce paramètre par les quantités mesurées, parce que les flux thermiques $\dot{Q}_r$ et $\dot{Q}_{inc}$, peuvent être écrites ainsi:

$$\dot{Q}_r = \dot{m}_v \cdot c_p \cdot (T_{exh} - T_i) \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{inc} = I \cdot \alpha_0 \cdot A + \dot{Q}_0 \quad (4)$$

où:

$\dot{m}_v$ - débit massique d'air évacué du canal de la façade (kg / s);

c_p - chaleur spécifique de l'air (J / kg K);

T_i et T_{exh} - températures de l'air à l'entrée et à la sortie de la cavité de la façade ($^{\circ}\text{C}$);

I - rayonnement solaire incidente sur la façade (W/m^2);

A - surface de la façade (m^2);

α_0 - coefficient d'absorption (ondes courtes).

En écrivant l'équation de la conservation de l'énergie, il résulte que:

$$I \cdot \alpha_0 \cdot A + \dot{Q}_0 = (\dot{Q}_i + q_s \cdot A) + \dot{m}_v \cdot c_p \cdot (T_{exh} - T_i) \quad (5)$$

et

$$\dot{Q}_i = \bar{q}_i \cdot A \quad (6)$$

En substituant les équations (3) - (6) dans l'équation (2), on obtient:

$$\varepsilon = \frac{\dot{m}_v \cdot c_p \cdot (T_{exh} - T_i)}{\bar{q}_i \cdot A + q_s \cdot A + \dot{m}_v \cdot c_p \cdot (T_{exh} - T_i)} \quad (7)$$

Cette relation permet d'évaluer l'efficacité ε par les grandeurs mesurées suivantes:

• $\bar{q}_i$ - flux thermique moyen qui pénètre dans l'environnement intérieur à travers la vitre intérieure de la façade qui peut être mesurée avec les fluxmètres;

• q_s - flux de chaleur qui travers la façade, due aux rayonnements ondes courtes qui peut être mesurée avec les pyranomètres;

• $\dot{m}_v$ - débit massique d'air évacué du canal de la façade (dont la valeur peut être déterminée à partir des mesures avec la technique du traçage au gaz ou d'autres méthodes de mesure);

• T_i și T_{exh} - température de l'air à l'entrée et à la sortie de la cavité de la façade.

L'efficacité d'isolation dynamique est un paramètre représentatif pour les performances de la façade en été et les saisons intermédiaires.

3. MÉTHODE DE RÉOLUTION

Avec ces paramètres, on a déterminé théoriquement les corrélations fonctionnelles spécifiques pour un modèle de façade ventilée et vitrée qui est situé sur le côté sud du Laboratoire d'Essais Hygrothermiques à INCD URBAN-INCERC Iasi. Cet ensemble est composé d'un vitrage extérieur simple (260 cm hauteur x 200 cm largeur) et d'un vitrage intérieur isolant, qui forment la cavité de l'air de 45 cm largeur. En haut et en bas des vitrages, le modèle comporte des ouvertures pour l'admission et l'évacuation de l'air, avec une largeur de 10 cm. Les corrélations fonctionnelles qui décrivent le comportement de la façade, ont été réalisées en variant à chaque fois un paramètre spécifique.

Pour déterminer l'efficacité de préchauffage η , dans l'équation (1), initialement on a maintenu constantes les valeurs T_i (20°C) et T_0 (-21°C) en variant T_{exh} (21°C ; 25°C ; 30°C ; ... 50°C).

L'indicateur η a été calculé pour l'hiver, lorsque la température extérieure est inférieure à celle intérieure ($T_0 < T_i$), en gardant constante la valeur T_i (20°C) et en faisant varier T_0 (-21°C ; -15°C ; -10°C ; ... $+10^{\circ}\text{C}$).

L'efficacité de l'isolation dynamique a été calculé en fonction de $\dot{Q}_{inc}$ et $\dot{Q}_r$. Ainsi, on a maintenue constantes les valeurs de $\dot{Q}_{inc}$ et les propriétés thermophysiques de l'air (densité de 1165 kg/m^3 , chaleur spécifique de 1005 J/kgK à 30°C), pour une section d'entrée d'air de $0,1 \text{ m} \times 2$ et pour différentes vitesses d'air dans le canal ($0,1 \text{ m/s}$; $0,2 \text{ m/s}$... $0,5 \text{ m/s}$). En gardant les mêmes données, on a modifiée ensuite $\dot{Q}_{inc}$ (100 W , 200 W ... 500 W).

Ensuite, en connaissant les paramètres $\dot{Q}_{inc}$, la différence de la température entre la paroi et le fluide ΔT et la surface extérieure A , on peut déterminer le coefficient de transfert thermique par convection, α .

4. RÉSULTATS

Dans les fig. 1 à 5 sont représentées les corrélations paramétriques spécifiques pour un modèle de la façade ventilée et vitrée, qui permet de déterminer et de comparer leurs caractéristiques. Chaque figure se compose de trois cadrans où les paramètres sont représentés ainsi:

- dans le quadrant I, l'indicateur d'efficacité de préchauffage η en fonction de la température de sortie d'air T_{exh} et de la température extérieure T_0 ;
- dans le quadrant II, l'indicateur d'efficacité d'isolation dynamique ε en fonction de la température de sortie d'air T_{exh} et de la vitesse de l'air v ;
- dans le quadrant III, le coefficient de transfert thermique par convection α en fonction de l'indicateur d'efficacité d'isolation dynamique ε et de la vitesse de l'air v .

Dans la fig. 1 est aussi illustrée la procédure de travail comme le suit:

- dans le quadrant I en fonction de la température T_0 et de la température T_{exh} ,

on lit la valeur de l'efficacité de préchauffage η ;

- pour la même valeur de la température T_{exh} et pour une vitesse donnée v , dans le quadrant II on lit l'efficacité d'isolation dynamique ε ;
- pour une valeur de la vitesse de l'air v et une valeur de l'indicateur d'efficacité d'isolation dynamique ε , dans le quadrant III on lit le coefficient de transfert thermique par convection α .

5. CONCLUSIONS

Grâce à ces deux indicateurs (l'efficacité de préchauffage η et l'efficacité d'isolation dynamique ε) on peut obtenir des données sur la performance énergétique des façades ventilées et vitrées. Ainsi, on peut observer que l'efficacité d'isolation dynamique ε augment avec la température de l'air à la sortie du canal et avec la vitesse de l'air. De même, l'efficacité de préchauffage η augment avec la température de l'air extérieur et la température de l'air à la sortie du canal. En plus, les mesures expérimentales de ces paramètres vont permettre de vérifier les diagrammes de fonctionnement et d'identifier les situations dans lesquelles la façade peut récupérer l'énergie, préchauffer l'air évacué ou compenser les pertes par ventilation ou par l'enveloppe.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du Projet de Recherche prénormative no. 493/2011, financé par le Ministère du Développement Régional et du Tourisme. Les auteurs tiennent à remercier cette institution pour son soutien à cette recherche.

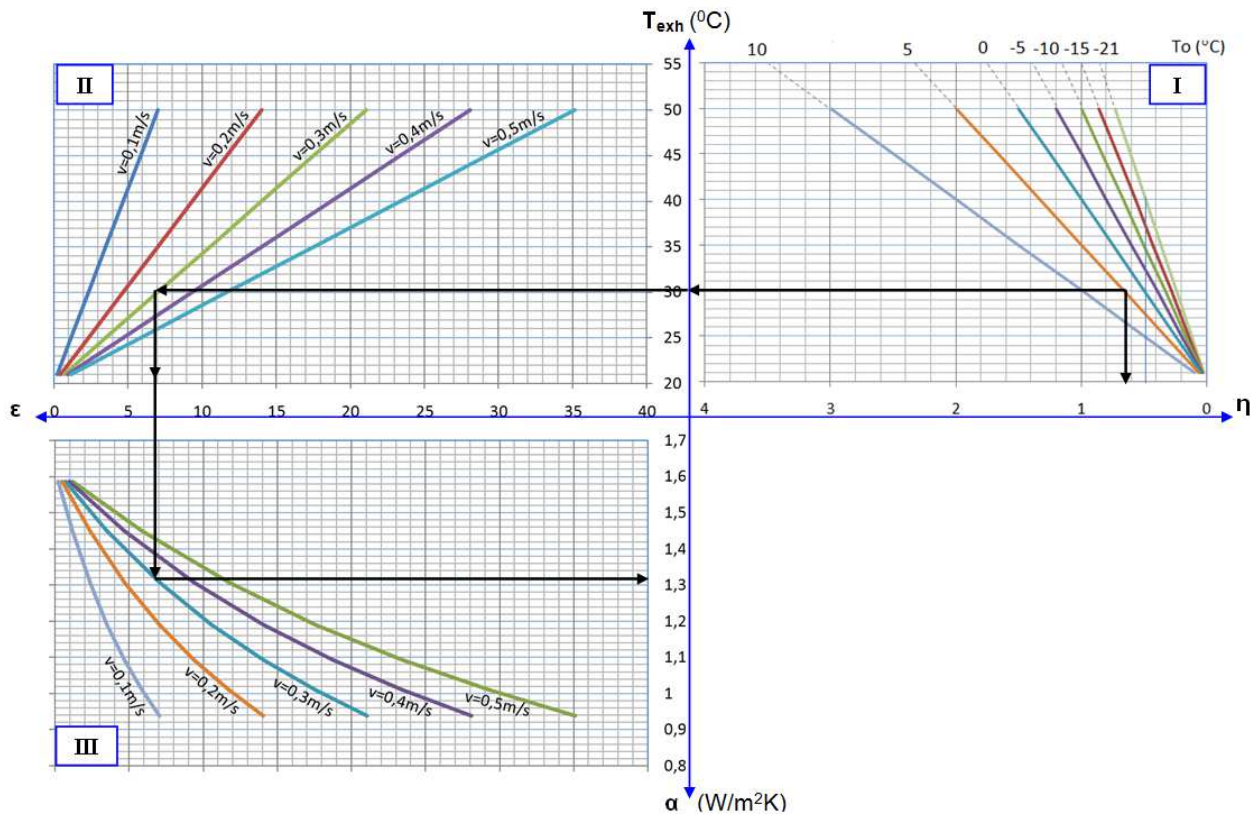


Fig.1. Diagramme de corrélation représenté pour $\dot{Q}_{inc} = 100 \text{ W}$.

Modèle de la procédure du travail (exemple) [8]

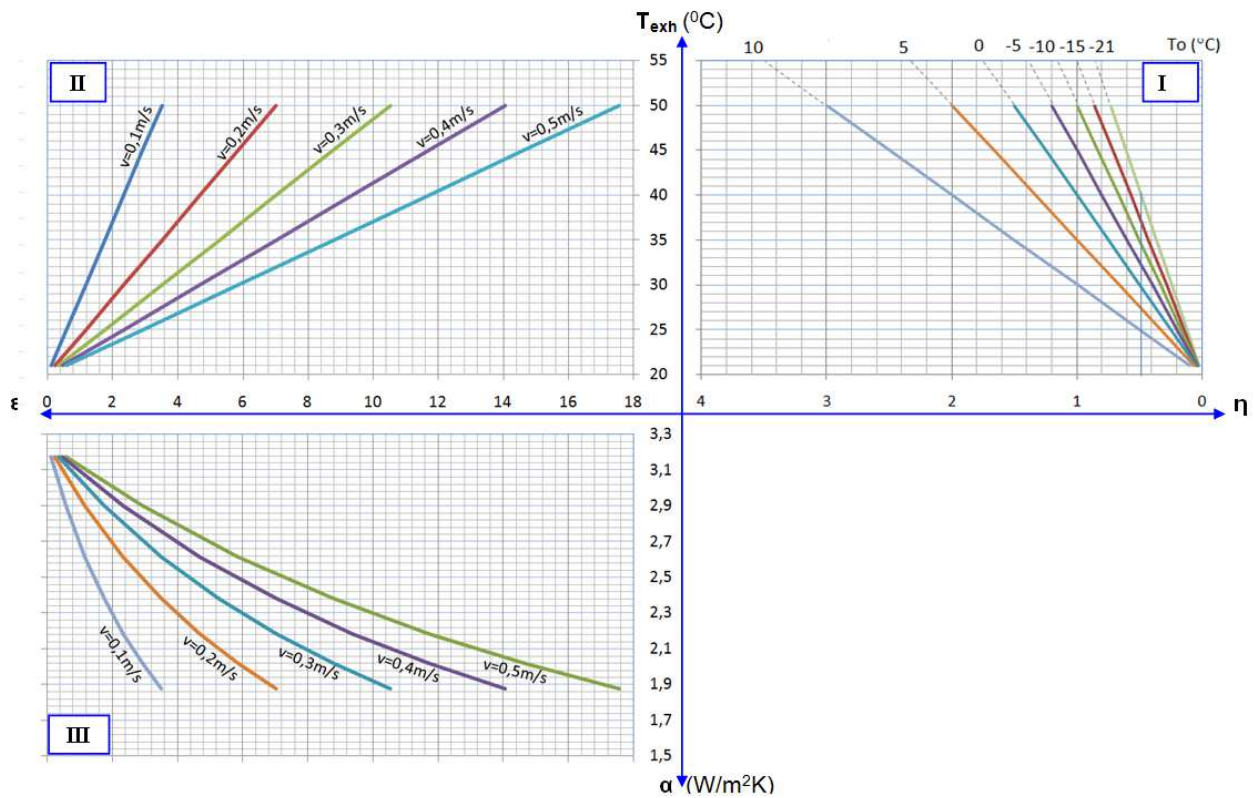


Fig. 2. Diagramme de corrélation représenté pour $\dot{Q}_{inc} = 200 \text{ W}$ [8]

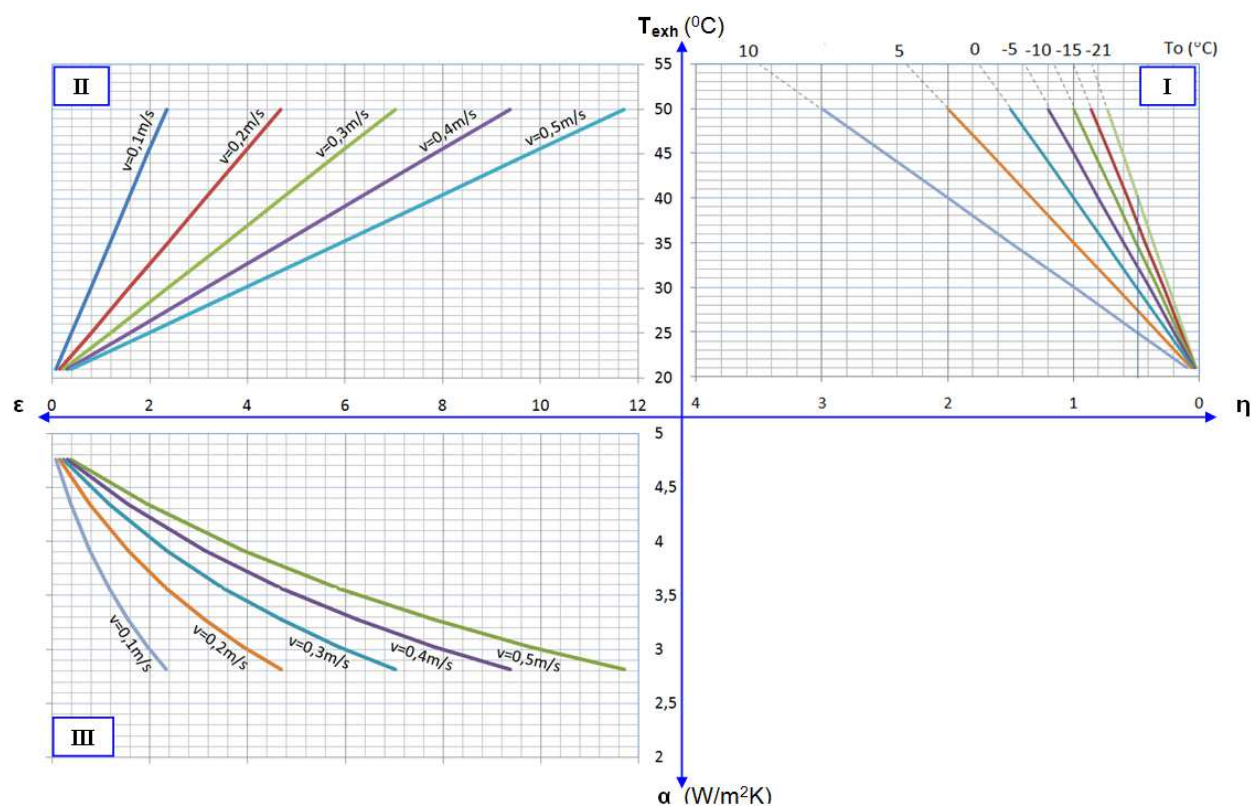


Fig. 3. Diagramme de corrélation représenté pour $\dot{Q}_{inc} = 300 \text{ W}$ [8]

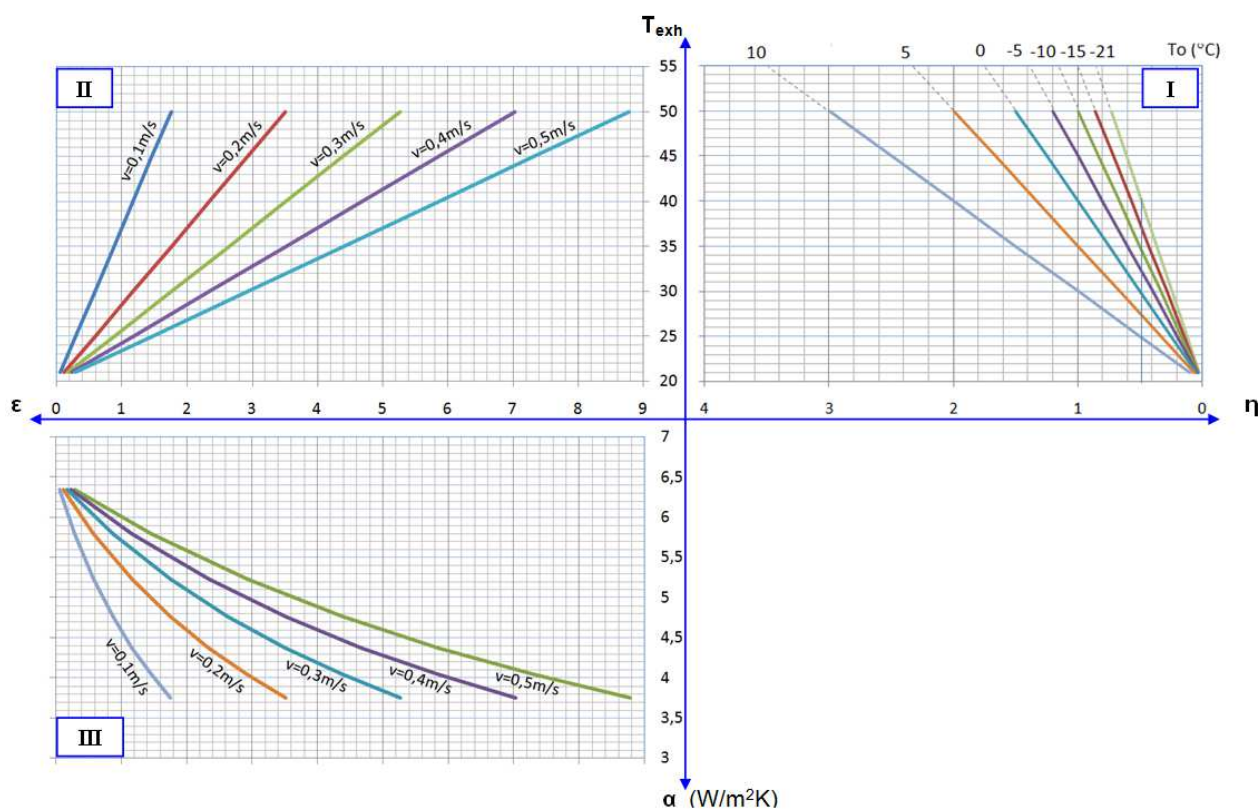


Fig. 4. Diagramme de corrélation représenté pour $\dot{Q}_{inc} = 400 \text{ W}$ [8]

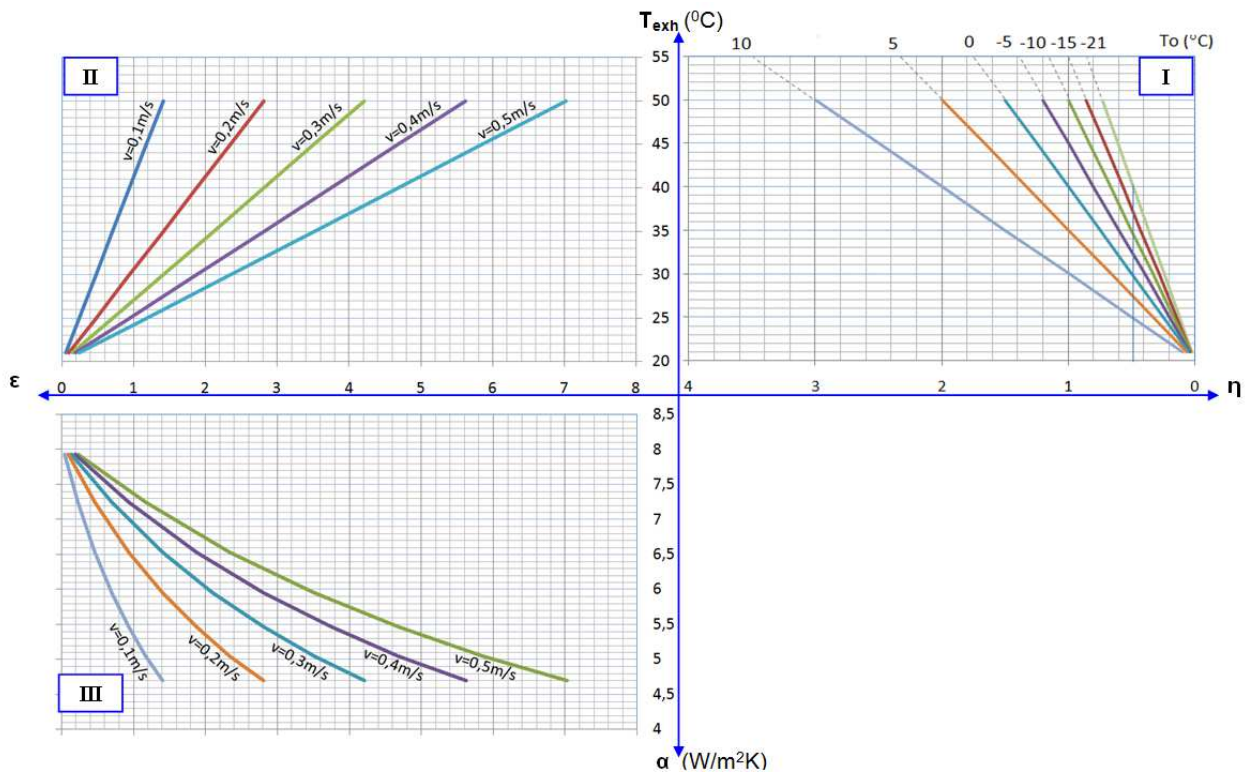


Fig. 5. Diagramme de corrélation représenté pour $\dot{Q}_{inc} = 500 \text{ W}$ [8]

REFERENCES

1. CONSTANTINESCU, D., *Assessment of the energy performance of the solar space system attached to the CE – INCERC Bucharest experimental house – experimental validation*, Construction Journal No. 1/2010, p. 53 – 71
2. CONSTANTINESCU, D., *Large scale experimental and numerical validation of EPB national calculation methods*, Construction Technology in Europe, Digest of news from the European Network of Building Research Institutes (ENBRI), Issue 42, p. 4-5, august 2010
3. CORGNATI, S.P., PERINO, M., SERRA, V., *Energy performance evaluation of an innovative active envelope: results from a year round field monitoring*, Proceedings of the second International Conference on Building Physics, Leuven, Belgium, p. 487–496, 2003
4. DIMAIO, F., VAN PAASSEN, A.H.C., *Modeling the air infiltrations in the second skin façade*, Proceedings of IAQVEC Conference, Changsha, China, p. 873–880, 2001
5. VAN PAASSEN, A.H.C., STEC, W., *Controlled double facades and HVAC*, In: Proceedings of 7th REHVA World Congress, Clima 2000, Napoli, Italy, p. 1–15, 2001
6. PERINO, M., ZANGHIRELLA, F., *Synthetic indices for assessing performances of ventilated façade*, IEA – Annex 44 – Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings, 2nd Annex Forum, Tsukuba, Japan, 2005
7. SAELENS, D., *Energy performance assessment of multiple-skin facades*, Ph.D. Dissertation, Laboratory for Building Physics, K.U. Leuven, Belgium, 2002
8. *** *Comportement thermo-hygro-énergétique des façades ventilées applicables aux bâtiments publics dans les conditions climatiques de Roumanie*. Recherche prénormative, Contracte 493 MDRT, Phase 3/2012