

Application des indicateurs PMV, PPD de confort thermique et du critère de confort thermique local pour l'évaluation des paramètres du microclimat dans la chambre à condition que les parois sont endommagées

Application des indicateurs PMV, PPD de confort thermique et du critère de confort thermique local pour l'évaluation des paramètres du microclimat dans la chambre à condition que les parois sont endommagées

Viktor Petrenko¹, Kostiantyn Dikarev², Oleksandra Kuzmenko³, Anatolii Petrenko⁴, Ivan Ogdansky⁵

¹Prydniprovaska Académie d'Etat de Génie Civil et d'Architecture
Dnipro, Ukraine, rue Tchernychevskogo, 24-A, tél. +38 (0562) 47-59-77
E-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua

²Prydniprovaska Académie d'Etat de Génie Civil et d'Architecture
Dnipro, Ukraine, rue Tchernychevskogo, 24-A, tél. +38 (0562) 46-98-76
E-mail: kdikarev@ukr.net,

³Prydniprovaska Académie d'Etat de Génie Civil et d'Architecture
Dnipro, Ukraine, rue Tchernychevskogo, 24-A, tél. +38 (0562) 46-98-76
E-mail: aleksandra_kuzmenko@i.ua

⁴Prydniprovaska Académie d'Etat de Génie Civil et d'Architecture
Dnipro, Ukraine, rue Tchernychevskogo, 24-A, tél. +38 (056) 756-34-86
E-mail: PetrenkoAO@ua.fm

⁵Prydniprovaska Académie d'Etat de Génie Civil et d'Architecture
Dnipro, Ukraine, rue Tchernychevskogo, 24-A, tél. +38 (056) 746-64-61
E-mail: ivan.ogdansky@gmail.com

Résumé. *Le présent travail a pour objet d'appliquer les indices du confort thermique comme le vote moyen prévisible PMV (The predicted mean vote), le pourcentage de personnes insatisfaites PPD (The predicted percentage dissatisfied) et des critères de confort thermique local pour l'évaluation des paramètres du microclimat dans la chambre formée par les parois endommagées.*

Les mots-clés: confort thermique, vote moyen prévisible PMV (The predicted mean vote), pourcentage de personnes insatisfaites PPD (The predicted percentage dissatisfied), zone endommagée; critères de confort thermique local

Abstract. *The purpose of this paper is to apply the indices of thermal comfort such as predicted mean vote (PMV), percentage of dissatisfied PPDs, and local thermal comfort*

criteria for the assessment. parameters of the microclimate in the chamber formed by the damaged walls.

Keywords: thermal comfort, predicted mean vote (PMV), percentage dissatisfied PPD (predicted percentage dissatisfied), damaged area; local thermal comfort criteria

1. Introduction

Auparavant, les auteurs de cet article ont examiné les changements des paramètres de microclimat dans la chambre, qui est formée par les parois endommagées en utilisant la méthode d'estimation de la température de l'ambiance intérieure [8, 9]. Les indicateurs de confort thermique PMV, PPD et les critères de confort thermique local qui permettent à évaluer des paramètres du microclimat pour la chambre choisie n'étaient pas considérés dans les travaux mentionnés. En outre, les limites de la réduction possible de la température de l'air intérieur dans la pièce, en fonction du pourcentage de la zone endommagée n'étaient pas définies.

Nous avons focalisé l'attention sur les objectifs suivants dans cette étude:

- évaluer les paramètres du microclimat dans la pièce, qui possède les parois endommagées selon les indicateurs de confort thermique: PMV, PPD et des critères de confort thermique local;
- déterminer les limites de la réduction possible de la température de l'air intérieur dans la pièce, en fonction du pourcentage de la zone endommagée de la paroi extérieure, de l'activité motrice de l'homme et de la résistance thermique du vêtement.

2. Les données initiales

Cette étude est basée sur la méthode de calcul [1] visée à prévoir et évaluer le microclimat dans la chambre et l'influence de ce dernier sur l'état général d'un homme. La méthode est proposée par le docteur Ole Fanger (Centre International des problèmes de l'environnement intérieur et de l'énergie, L'Université technique du Danemark) et validée par les normes internationales et ukrainiennes [2, 3]. La technique de la méthode est basée sur les sensations thermiques humaines qui sont liées à l'équilibre de chaleur. Ayant étudié les normes [2, 3] nous avons trouvé les exemples où on considère les conditions d'activité vitale, qui sont liées à la réalité et en même temps permettent d'évaluer les paramètres du microclimat et leur influence sur l'état général humain dans les conditions particulières. Ayant considéré l'expérience des investigations internationales et ukrainiennes [4, 5, 6, 7, 12] nous pouvons constater que le domaine d'application de cette méthode peut être élargi.

La méthode est basée sur l'approche connue dans la physiologie de thermorégulation. Cette approche considère les sensations générales humaines qui sont liées à l'équilibre de chaleur du corps entier. Si la production de la chaleur excède les déperditions on observe le réchauffement du corps ce qui provoque les sensations «chaud», «très chaud» etc. Et au contraire le processus de refroidissement est caractérisé par les sensations «froid», «très froid». Les rapports de l'équilibre mentionnés sont décrits

Application of heat comfort indicators PMV, PPD and local heat comfort criteria for estimation of microclimate parameters in room on condition that building envelope is damaged

par les équations, qui établissent la liaison entre les valeurs suivantes: la production de chaleur par le corps (l'activité physique humaine), les propriétés isolantes du vêtement, la température de l'air, la température de rayonnement moyenne des surfaces orientées à l'intérieur, la vitesse du mouvement du vent, l'humidité relative de l'air. On calcule la température de la surface du vêtement et le coefficient de convection au cours de la résolution des ratios d'équilibre par la méthode d'itération. Au cas où nous disposons les résultats des mesures et (ou) des calculs de ces valeurs, nous pouvons prévoir les sensations thermiques humaines ayant n'importe quel régime de température. Pour cet enjeu nous utilisons la formule de Fanger et les calculs du vote moyen prévisible PMV (The predicted mean vote). Le PMV mesure la perception de la température. C'est le score moyen obtenu pour un groupe de personnes important sur une échelle en sept points qui détermine la température perçue. Le diapason des estimations se varie de +3 à -3, ou -3 correspond à la sensation «froide» et +3 – «brûlante». Le score idéal est 0, soit une température perçue comme neutre, en équilibre thermique avec le corps humain. Cette méthode permet de calculer les valeurs de PMV avec la partie décimale dans les limites mentionnées. L'indice PPD établit une prévision quantitative du pourcentage de personnes insatisfaites thermiquement, susceptibles d'avoir trop chaud ou trop froid. L'indice PPD est calculé à partir de l'indice PMV. Un niveau de confort est considéré comme acceptable lorsque 80% des personnes sont satisfaites thermiquement. Cette valeur correspond à un indice PMV entre -0,5 et +0,5. Il est important que lorsque la température moyenne perçue d'un groupe est neutre (PMV), le postulat prédictif du pourcentage d'insatisfaits (PPD) s'élève à 5%. En raison des différences individuelles, il est impossible de créer une ambiance thermique qui satisfasse tout le monde.

Nous avons admis les données initiales suivantes pour la prévision des indices du confort thermique et des critères du confort local thermique dans la chambre avec les parois endommagées pour la période hivernale:

- l'activité motrice de l'homme moyen de masse 70 kg et de la hauteur 1,7 m fait 70 W/m² ou 1,2 (travail sédentaire (bureau, école, laboratoire)) [3];
- la valeur vestimentaire pour la période donnée – $0,11 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ ou 0,7 clo (sous-vêtement, T-shirt, pantalon léger, chaussettes légères, chaussures) [3];
- la température moyenne de l'air dans les bâtiments résidentiels et publics peut se varier entre 16 °C à 24 °C ;
- la température de rayonnement moyenne (la température sur les surfaces intérieures des parois externes, sur les objets qui se trouvent dans la pièce) peut se varier entre 16 °C et 24 °C ;
- la température moyenne de radiation (la température sur la surface des appareils du système de chauffage) peut se varier de 28 °C à 105 °C en fonction des paramètres climatiques externes;
- la vitesse de l'air intérieur en l'absence et en présence des systèmes de ventilation mécanique double flux est variable entre $0 \frac{m}{s}$ et $0,5 \frac{m}{s}$;
- l'humidité relative de l'air intérieur fait de 30% à 60%.

3. Présentation du contenu général et l'analyse

Les calculs présentés ci-dessous nous avons admis les limites de variation des paramètres du microclimat selon les calculs [8, 11] et d'après la méthode de détermination des indices PMV, PPD et des critères du confort thermique local [2, 3] en tenant compte la zone endommagée de la paroi extérieure.

En général le calcul peut être exprimé par le système des équations (1), qui permettent de calculer les valeurs PMV, PPD, des critères du confort thermique local et la température prévisionnelle de l'aire intérieure dans la chambre formée par les parois des types différentes en tenant compte le taux des défauts du mur extérieur x_{endom} .

$$\begin{cases} PMV = f\left(M, W, I_v, f_v, t_a, \bar{t}_r, v_{ar}, p_a, h_c, t_v\right) \\ PPD = f(PMV) \\ PD = f\left(t_{pl}, \Delta t_{pr}, \Delta t_{a,v}\right) \\ t'_{int} = \frac{Q_b \cdot (t_{int} - t_{ext})}{Q_b^{endom}} + t_{ext} \end{cases} \quad (1)$$

ou M - le ratio de métabolisme, $\frac{W}{m^2}$; W - la puissance mécanique efficace, $\frac{W}{m^2}$; I_v - isolation vestimentaire, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$; f_v - le facteur de la surface vestimentaire; t_a - la température de l'air, °C; \bar{t}_r - la température moyenne de radiation, °C; v_{ar} - la vitesse relative de l'air intérieur, $\frac{m}{s}$; p_a - la pression partielle de la vapeur d'eau, Pa; h_c - le coefficient convectif du transfert de la chaleur, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$; t_v - la température de la surface vestimentaire, °C; t_{pl} - la température du plancher, °C; Δt_{pr} - l'asymétrie radiante, °C; $\Delta t_{a,v}$ - la différence de températures verticale entre la tête et les pieds, °C; Q_b - les déperditions totales de la chaleur de la chambre sans la zone endommagée, W; Q_b^{endom} - les déperditions totales de la chaleur de la chambre avec certaines zones endommagées, W; t_{int} - la température intérieure déterminée, °C; t_{ext} - la température extérieure déterminée pour la saison hivernale, °C.

Les tableaux 1, 2 et les figures 1, 2 présentent les résultats de la résolution complexe de l'équation (1) visant à obtenir le vote moyen prévisible PMV et le pourcentage de personnes insatisfaites PPD en fonction du taux des défauts de la paroi. Les données obtenues prouvent la possibilité de survenance du moment où la personne se sent en inconfort thermique.

Le vote moyen prévisible en fonction du taux des défauts de la paroi

La vitesse de l'air, m/s	La température moyenne de l'air dans la chambre, °C										
	22,0	21,5	21,0	20,5	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5	17,0
0	-0,51	-0,64	-0,77	-0,91	-1,04	-1,18	-1,31	-1,44	-1,57	-1,71	-1,84
0,1	-0,7	-0,83	-0,97	-1,1	-1,23	-1,37	-1,5	-1,63	-1,76	-1,9	-2,03
0,2	-0,89	-1,03	-1,18	-1,32	-1,46	-1,6	-1,74	-1,89	-2,03	-2,17	-2,31
0,3	-1,03	-1,18	-1,33	-1,48	-1,62	-1,77	-1,92	-2,07	-2,22	-2,36	-2,51
0,4	-1,14	-1,29	-1,45	-1,6	-1,75	-1,91	-2,06	-2,21	-2,36	-2,51	-2,57
0,5	-1,23	-1,39	-1,54	-1,7	-1,86	-2,02	-2,17	-2,33	-2,48	-2,64	-2,8

Selon le vote moyen prévisible (PMV) nous déterminons la catégorie du milieu thermique nécessaire d'après [2, 3], et on constate que:

- à condition de la présence de la zone endommagée seulement du mur extérieur (Fig. 1a), du mur extérieur avec la fenêtre installée (Fig. 1b), des quelques parois des types différentes et de la zone endommagée du mur extérieur avec la fenêtre installée (Fig. 1c), du changement du taux des défauts du mur extérieur $0 < x_{endom} < 1$, du changement de la vitesse de l'air intérieur $0 < v_{ar} < 0,5$ - les valeurs du vote moyen prévisible sont comprises dans une plage $-1,04 < PMV < -2,8$, ce qui correspond à la classe la plus inférieure de l'ambiance thermique nécessaire – C.

Selon le pourcentage de personnes insatisfaites (PPD) nous déterminons la catégorie du milieu thermique nécessaire d'après [2, 3], et on constate que:

- à condition de la présence de la zone endommagée seulement du mur extérieur (Fig. 1a), du mur extérieur avec la fenêtre installée (Fig. 1b), des quelques parois des types différentes et de la zone endommagée du mur extérieur avec la fenêtre installée (Fig. 1c), du changement du taux des défauts du mur extérieur $0 < x_{endom} < 1$, du changement de la vitesse de l'air intérieur $0 < v_{ar} < 0,5$ - la valeur du pourcentage de personnes insatisfaites fait $PPD > 27,91$, ce qui aussi correspond à la classe la plus inférieure de l'ambiance thermique nécessaire – C.

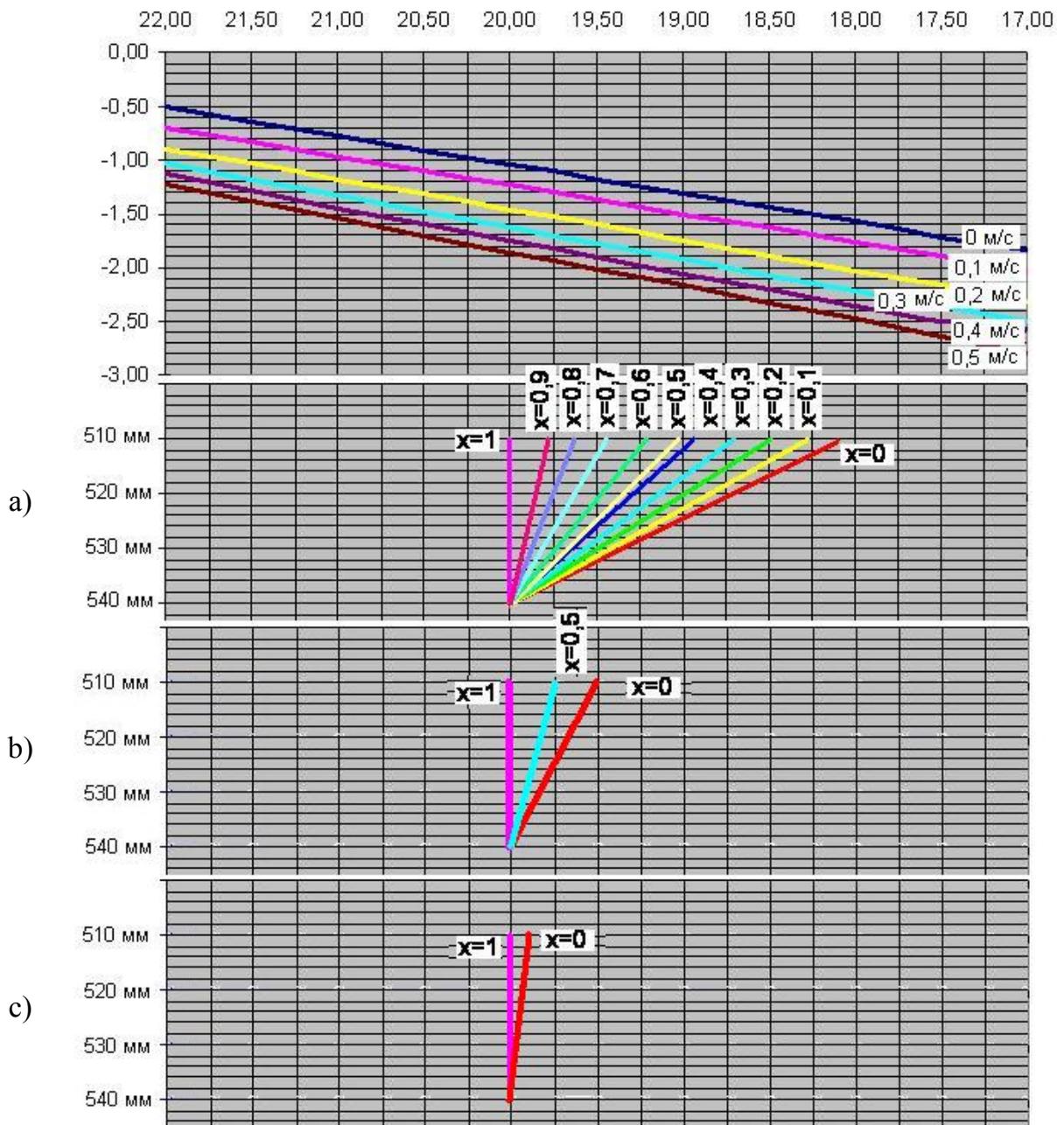


Fig. 1. Le vote moyen prévisible (PMV) en fonction du taux des défauts de la paroi
 a) à condition de la présence de la zone endommagée seulement du mur extérieur [8]; b)) à condition de la présence de la zone endommagée du mur extérieur avec la fenêtre installée [11]; c) à condition de la présence des quelques parois des types différentes et de la zone endommagée du mur extérieur avec la fenêtre installée [11]

Tableau 2

Le pourcentage de personnes insatisfaites (PPD) en fonction du taux des défauts de la paroi

La vitesse de l'air, m/s	La température moyenne de l'air dans la chambre, °C										
	22,0	21,5	21,0	20,5	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5	17,0
0	10,37	13,62	17,64	22,42	27,91	34,04	40,7	47,73	54,95	62,13	69,05
0,1	15,18	19,56	24,69	30,51	36,91	43,77	50,91	58,12	65,19	71,89	78,01
0,2	21,69	27,51	34,08	41,23	48,79	56,51	64,12	71,36	77,95	83,7	88,48
0,3	27,33	34,19	41,69	49,62	57,7	65,62	73,06	79,75	85,46	90,08	93,6
0,4	32,26	39,87	47,99	56,35	64,59	72,36	79,35	85,31	90,11	93,73	96,29
0,5	36,6	44,76	53,29	61,84	70,02	77,47	83,9	89,13	93,1	95,92	97,77

Pour évaluation du confort local thermique on utilise les données [8, 11], qui sont représentées dans le tableau 3.

Tableau 3

Les températures estimées sur les surfaces des couches de parois avec la zone endommagée

Les valeurs de température sur les surfaces des couches du mur	L'épaisseur d'un mur avec la zone endommagée, mm			
	540 mm	530 mm	520 mm	510 mm
La température sur la surface intérieure du mur, τ_{θ}^i , °C	13,68	13,58	13,49	13,39

Ayant ces résultats nous avons la possibilité d'évaluer le confort local conditionné par l'asymétrie radiante Δt_{pr} , °C. L'indice d'un inconfort local est dans une plage comprise entre 1,18 % < PD < 1,3 % (nous avons admis la température sur les surfaces intérieures des parois équivalentes à la température de l'air intérieur). Ayant ces valeurs de PD, selon [2, 3], la catégorie de l'ambiance thermique nécessaire correspond à A. Par ailleurs il faut comprendre que la valeur de l'asymétrie radiante pour la catégorie A se varie entre $0 < \Delta t_{pr} < 9$. En plus on ne tient pas en compte la valeur de température de l'air intérieur pour déterminer la valeur de l'asymétrie radiante. Cette approche ne succède pas à l'estimation correcte de l'état du microclimat comme un paramètre particulier.

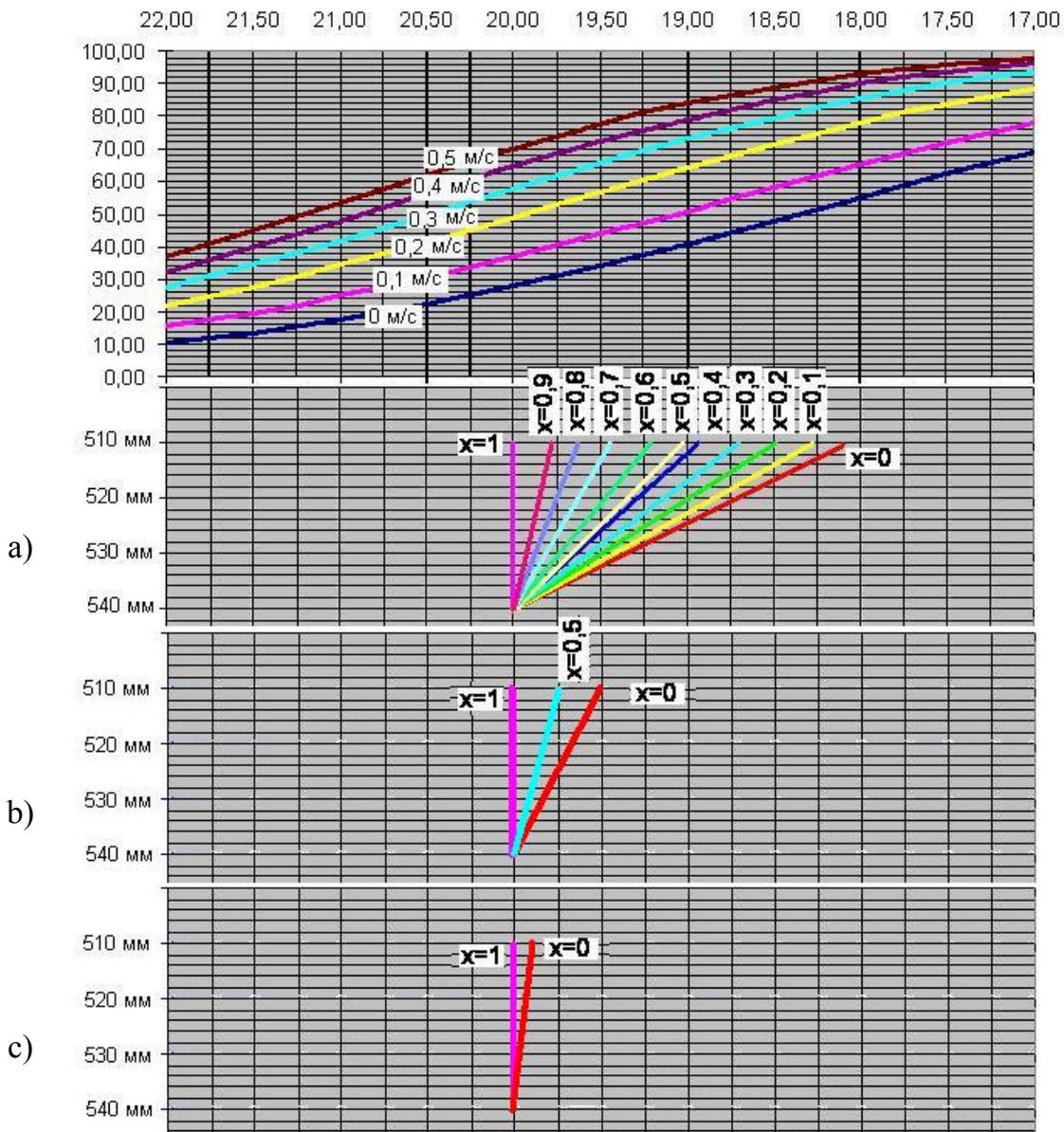


Fig. 2. Le pourcentage de personnes insatisfaites (PPD) en fonction du taux des défauts de la paroi: a) à condition de la présence de la zone endommagée seulement du mur extérieur [8]; b) à condition de la présence de la zone endommagée du mur extérieur avec la fenêtre installée [11]; c) à condition de la présence des quelques parois des types différentes et de la zone endommagée du mur extérieur avec la fenêtre installée [11]

Conclusions

Ce travail révèle les questions de la prévision et de l'évaluation des paramètres du microclimat en utilisant les indices du confort thermique PMV, PPD et des critères de confort thermique local dans la chambre formée par les parois endommagées. Les données analytiques obtenues prouvent que la survenance du moment où la personne se sent en inconfort thermique est possible dans le bâtiment avec les parois endommagées. Les conclusions et les recommandations générales sont suivantes:

Application of heat comfort indicators PMV, PPD and local heat comfort criteria for estimation of microclimate parameters in room on condition that building envelope is damaged

- la méthode de calcul [2, 3] peut être utilisée pour la prévision et l'évaluation du microclimat et de son influence sur l'état de personne dans la chambre avec les parois endommagées;
- les données de calcul de l'évaluation des indices PMV, PPD i PD prouvent la possibilité de la réduction du confort thermique dans la chambre avec les parois endommagées;
- les données de prévision des indices PMV, PPD nous montrent qu'à la température de l'air intérieur qui fait $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et à condition que $0\frac{m}{s} < v_{ar} < 0,5\frac{m}{s}$ les sensations humaines correspondent à la catégorie de la chambre – C. L'apparition et la croissance de x_{endom} amplifient cette sensation. Même si selon l'indice PD nous obtenons la classe A - au cours de l'évaluation complexe il correspond à la classe la plus inférieure de l'ambiance thermique nécessaire.

Bibliographie

- [1] Fanger P.O. et al. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering //Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. – 1970.
- [2] EN ISO 7730:2005, IDT Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- [3] DSTU B EN ISO 7730:2011 Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- [4] JOOSSTENS F., ITARD L. Building Management for a Good Indoor Climate and Low Energy Use.
- [5] Leksin A. G. i dr. Application of PMV and PPD indices to predict how metro passengers evaluate the grade of thermal comfort or discomfort in different temperature conditions // Gigiena i sanitarija. – 2014. – T. 93. – №. 3.
- [6] Belikov A.S. et al. Modelling and optimization of micro-climatic conditions and parameters of the life support systems of buildings //Dnipropetrovs'k, Ekonomika Publ. – 2013.
- [7] Golyakova I.V. et al. Microclimate in premises with local heat dissipations: monograph // //Dnipropetrovs'k, PSASeA. – 2016.
- [8] Petrenko, V., Dikarev, K., Volchok, D., & Kuzmenko, O. Estimation of indoor temperatures on condition that building envelope is damaged //Revista Romana de Inginerie Civila. – 2017. – T. 8. – №. 1. – P. 36.
- [9] Petrenko V.O., Petrenko A.O., Golyakova I.V. Factors influencing the microclimate in the premises, which has a building faults and HVAC systems //Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroenye. Seryia: Starodubovskye chtenyia. – 2016. – №. 93. – P. 286–291.
- [10] Sulin A.B. et al. Indices of thermal comfort // St-Petersburg.: ITMO University, 2016. 36 p.
- [11] Petrenko, V., Dikarev, K., Volchok, D., & Kuzmenko, O. (2018). Evaluation of indoor temperature for various building envelopes damaged. In E3S Web of Conferences (Vol. 32, p. 01019).
- [12] Schumacher, R., W. A. M. Wortel, and P. A. Wieringa. "Human factors in thermal indoor climate and therma comfort." Conference on human decision making and manual control, Lyngby, June 25-27, 2001. Orsted DTU, Automation, 2001.