

2. Григорьев Ю.Г. Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценки опасности) / Ю.Г. Григорьев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – Т.37, №.4. – С.690-702.

3. Крылов В.А. Защита от электромагнитных излучений / В.А. Крылов, Т.В. Юрченкова. – М.: Сов. радио, 1972. – 164 с.

4. Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей: Аналитический обзор / В.В. Любимов: Препринт №.7 (1103). – М.: ИЗМИРАН, 1997. – 85 с.

5. Пресман А.С. Электромагнитное поле и жизнь / А.С. Пресман. – М.: Наука, 2003. – 215 с.

6. Санитарный паспорт. РТО ХФ СП ООО «ЦССУ» – базовой станции мобильной связи стандарта DAMPS (RBS-8) и PPC Mini Link – 15E.

7. СанПиН 2.2.4/2.18.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона.

8. Gandhi O.P. Electromagnetic absorption in the human head and neck for Ericsson-GE cellular telephones / O.P. Gandhi // Final Technical Report. University of Utah. – 1993. – 92 p.

Получено 19.10.2011

УДК 697.9 (075.8)

ПОТРОВСКИ ЕЖИ ЗЫГНЕВ, д-р техн. наук, ДОРОТА КОРУБА

Свентокишинська политехніка (Польща)

А.Ф. СТРОЙ, д-р техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ НА ПРОЦЕС ЗРОСТАННЯ ПЛІСНЯВИХ ГРИБІВ У ПРИМІЩЕННЯХ “ХВОРИХ” БУДИНКІВ

Наведено результати експериментальних досліджень, на основі яких визначено, як впливає температура повітря, його вологість і концентрація вуглекислого газу в ньому на процес зростання пліснявих грибів в приміщеннях “хворого” будинку. При обробці результатів експерименту використано методику планування експерименту.

Приведены результаты экспериментальных исследований, на основе которых определено как влияет температура воздуха, его влажность и концентрация углекислого газа в нем на процесс роста плесневых грибов в помещении “больного” дома. При обработке результатов эксперимента использована методика планирования эксперимента.

The results of experimental researches, on the basis of which is defined the impact of air temperature, humidity and the concentration of carbon dioxide on the process of growth of mushrooms molds in apartments of “sick” building, are given. When processing the results of the experiment the technique of planning the experiment are used.

Ключові слова: плісняві гриби, параметри повітря, температура, вологість, концентрація вуглекислого газу, планування експерименту.

Останнім часом у фаховій літературі по вентиляції все частіше з’являється термін – “синдром хворого будинку”. При цьому “хворим” будинком вважають будинок, в якому більше 20% мешканців почувують себе негативно, коли знаходяться в будинку. Коли покидають будинок це почуття зникає. Одним із факторів, який викликає синдром “хворого”

будинку, є незадовільна вентиляція. При незадовільній вентиляції зростає концентрація вуглекислого газу в приміщеннях і підвищується вологість. А ці фактори, в свою чергу, впливають на зростання пліснявих грибів. При цьому виникає неприємний запах в приміщенні. Існує також точка зору, що плісняві гриби в процесі росту виділяють канцерогенні речовини.

Мета досліджень, результати яких наведено в даній статті, – визначити, як впливають параметри повітря в приміщенні, точніше температура, вологість і концентрація вуглекислого газу в приміщенні на процес росту пліснявих грибів. З цією метою було проведено експериментальні дослідження в натурних умовах у м.Кельце (Польща), будинок на вул. Словацького. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Фрагмент результатів вимірювань пліснявих грибів

№ досліду	Температура повітря t , °C	Вологість повітря φ , %	Концентрація вуглекислого газу CO_2 , ppm	Назва приміщення	Кількість грибів у 1 м^3			
					1° вимірювання	2° вимірювання	3° вимірювання	середнє значення
1	24,85	27,85	459,6	Сходова клітка	105	157	131	131
КВАРТИРА № 8								
2 ^{*)}	27,24	45,89	1174,43	гостинна	79	105	53	79
3 ^{*)}	24,74	50,75	1123,25	Кухня	79	53	53	61
4	26,08	53,16	1117,0	Ванна	26	53	105	61
5	26,35	42,38	848,52	Спальня	52	157	79	96
6 ^{*)}	25,35	52,46	1537,53	Дитяча кімната	26	79	26	44
7 ^{*)}	26,4	46,22	1237,45	Прихожа	79	53	53	61
КВАРТИРА № 5								
8 ^{*)}	25,47	33,73	622,35	Прихожа	420	420	367	402
9 ^{*)}	25,63	42,15	618,76	Ванна	157	314	420	297
10	26,12	34,55	630,12	Туалет	524	498	184	402
11 ^{*)}	23,78	37,5	630,94	Гостинна+кухня	262	420	210	297
12 ^{*)}	26,52	31,53	597,35	Кімната №1	157	341	603	367
13	25,5	32,45	478,83	Кімната № 2	105	79	524	236
Примітка. Зірочкою ^{*)} відмічено результати вимірювань, які використані для аналізу								

При різній температурі, вологості повітря та концентрації вуглекислого газу було проаналізовано зростання кількості пліснявих грибів. При обробці результатів експерименту використано методику планування експерименту [1, 2], основою якої є ідея “чорного ящика”. Суть цієї ідеї полягає в наступному. Якщо не відомий механізм впливу параметрів повітря на процес зростання грибів, то за допомогою ідеї “чорного ящика” і планування експерименту ми можемо одержати деяку інформацію і визначити ступінь впливу кожного фактору на цей процес. При цьому експеримент повинен бути активний [3, 4]. Потрібно також виконувати відповідні правила, які обумовлені методом планування експерименту. Зокрема, необхідно визначити вхідні фактори, тобто фактори, які входять в “чорний ящик” ($x_1, x_2, x_3 \dots$) і вихідний параметр (функцію відгуку), та встановити залежність (математичну модель)

$$y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n) . \quad (1)$$

Функцію (1) можна представити у вигляді полінома:

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2 + \dots , \quad (2)$$

де b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти регресії, які можна визначити за допомогою експерименту. Ці коефіцієнти характеризують вплив кожного фактора на функцію відгуку.

В нашому випадку, при проведенні експерименту, вхідні фактори – це температура в приміщенні – x_1 , вологість повітря – x_2 і концентрація вуглекислого газу в повітрі – x_3 . Вихідним параметром, тобто функцією відгуку, y , є кількість грибів в 1 м^3 повітря.

Як уже зазначалося, при плануванні експерименту необхідно, щоб експеримент був активний. Експеримент вважають активним, коли є можливість змінювати вхідні параметри в процесі експерименту і визначити при різних параметрах функцію відгуку. Вхідні параметри, як правило, змінюють на двох рівнях – верхньому і нижньому.

Складність оцінки впливу вхідних параметрів на функцію відгуку, в нашому випадку полягає в тому, що ми не могли їх змінювати, як це потрібно відповідно з планом експерименту. У нашому випадку експеримент носив пасивний характер, тому що це був натурний експеримент. Ми лише визначали числові значення функції відгуку і вхідних параметрів в тому чи іншому досліді. Ми не мали можливості змінювати значення вхідних параметрів. По цій причині, для обробки результатів експерименту, щоб визначити поліном (2), із загальної кількості дослідів були вибрані чотири досліді, результати яких, з деяким наближенням,

можна вважати знаходяться на верхньому рівні і чотири досліди з результатами вимірювань – на нижньому рівні. Це стосується, перш за все, третього фактору, тобто концентрації вуглекислого газу в приміщенні. Для інших факторів дещо простіше визначити верхній та нижній рівень, тому що діапазон змін факторів був значно менший ніж третього фактора.

При трьох факторах, які впливають на функцію відгуку і коли змінювати кожний із факторів на двох рівнях, то мінімальна кількість дослідів для повного факторного експерименту дорівнює восьми, тобто $N = 2^k = 2^3 = 8$, де k – кількість факторів; 2 – кількість рівнів. План-матриця повного факторного експерименту в цьому випадку має вигляд (табл.2).

На основі даних цієї таблиці визначаємо середньоарифметичне значення кожного фактору, яке характеризує верхній рівень і нижній рівень. У закодованому вигляді верхній рівень, як уже зазначалось, відповідає “+1”, нижній “-1”, або просто “+” і “-”.

Для першого фактору, тобто для температури повітря в приміщенні, середньоарифметичне значення верхнього рівня дорівнює:

$$t_{cp}^+ = \frac{25,35 + 27,24 + 25,63 + 26,52}{4} = 26,19 \text{ } ^\circ\text{C} -$$

це відповідає верхньому рівню, тобто “+1”.

Таблиця 2 – Матриця планування повного факторного експерименту типу 2^3

№ дослідів	Фактори			Функція відгуку у (кількість грибів в 1м^3)
	$x_1 (t_1, \text{ } ^\circ\text{C})$	$x_2 (\varphi, \%)$	$x_3 (CO_2, \text{ ррт})$	
1	+	+	+	
2	-	+	+	
3	+	-	+	
4	-	-	+	
5	+	+	-	
6	-	+	-	
7	+	-	-	
8	-	-	-	

Знак “+” свідчить про те, що фактор, у період проведення дослідів, повинен бути на верхньому рівні, знак “-” – на нижньому рівні.

Як уже зазначалось, при проведенні експерименту, не було можливості в кожному досліді підтримувати фактори на необхідному рівні. У зв'язку з цим були відібрані досліди, які з певним наближенням, дали можливість заповнити матрицю планування повного факторного експерименту типу 2^3 . План-матриця з результатами вимірювань, які відібрано для оцінки впливу різних факторів на функцію відгуку, наведена в табл.3.

Таблиця 3 – Результати вимірювань

№ досліду	Фактори			Функція відгуку, тобто кількість ґрибів в 1м ³ (y)
	t ₁ , °C (x ₁)	φ, % (x ₂)	CO ₂ , ррт (x ₃)	
1	25,35	52,46	1537,53	44
2	24,74	50,75	1123,25	61
3	27,24	45,89	1174,43	79
4	26,4	46,22	1237,4	61
5	25,63	42,15	618,76	297
6	23,78	37,5	630,94	297
7	26,52	31,53	597,35	367
8	25,47	33,73	622,35	402

На основі даних цієї таблиці визначаємо середньоарифметичне значення кожного фактору, яке характеризує верхній рівень і нижній рівень. У закодованому вигляді верхній рівень, як уже зазначалось, відповідає «+1», нижній «-1», або просто «+» і «-».

Для першого фактору, тобто для температури повітря в приміщенні, середньоарифметичне значення верхнього рівня дорівнює:

$$t_{cp}^+ = \frac{25,35 + 27,24 + 25,63 + 26,52}{4} = 26,19 \text{ } ^\circ\text{C} -$$

це відповідає верхньому рівню, тобто «+1».

Аналогічно середньоарифметичне значення нижнього рівня:

$$t_{cp}^- = \frac{24,74 + 26,4 + 23,78 + 25,47}{4} = 25,1 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow \text{«-1»}.$$

Діапазон змін першого фактору складає

$$\Delta t = 26,19 - 25,1 = 1,09 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ а інтервал змін } \delta_1 = \frac{\Delta t}{2} = 0,545 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Аналогічно визначаємо відносну вологість повітря, яка відповідає верхньому і нижньому рівню, і концентрацію вуглекислого газу в повітрі. Для відносної вологості верхній рівень дорівнює $\varphi^+ = 45,71\%$. У закодованому вигляді це відповідає «+1». Нижній рівень $\varphi^- = 39,34\%$, що відповідає «-1». Діапазон змін другого фактору дорівнює $\Delta\varphi = 45,71 - 39,34 = 6,37\%$, інтервал змін $\delta_2 = \frac{\Delta\varphi}{2} = 3,185\%$.

Для концентрації вуглекислого газу верхній рівень $CO_2^+ = 1267$ ррт – це „+1”, нижній $CO_2^- = 617,35$ ррт, діапазон змін $\Delta CO_2 = 1267 - 617,35 = 649,65$ ррт, інтервал змін $\delta_3 = 324,8$ ррт.

Після визначень середніх значень кожного фактора, відповідно для верхнього і нижнього рівнів, план-матриця матиме вигляд, наведений в

табл.4.

Числові значення факторів у цій таблиці дещо відрізняються від числових значень, при яких виконувались дослідження. Ця різниця викликана тим, що експеримент був пасивний і не було можливості досить точно підтримувати фактори на заданому рівні. Тому, в нашому випадку, з врахуванням того, що експеримент пасивний, метод планування експерименту дає можливість визначити вплив факторів на функцію відгуку досить наближено, тобто в першому наближенні.

Таблиця 4 – План-матриця повного факторного експерименту

№ дослідіу	Фактори			Функція відгуку, кількість грибів в 1м ³
	t ₁ , °C (x ₁)	φ, % (x ₂)	CO ₂ , ррт (x ₃)	
1	26,19	45,71	1267	44
2	25,1	45,71	1267	61
3	26,19	39,34	1267	79
4	25,1	39,34	1267	61
5	26,19	45,71	617,35	297
6	25,1	45,71	617,35	297
7	26,19	39,34	617,35	367
8	25,1	39,34	617,35	402

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії

Щоб одержати математичну модель, яка характеризує залежність кількості грибів від температури та відносної вологості повітря, а також від концентрації вуглекислого газу в повітрі, визначимо коефіцієнти регресії b_o, b_i, b_{ij} для полінома (2). Розрахункові формули для визначення коефіцієнтів регресії мають вигляд:

$$b_o = \frac{\sum_{i=1}^8 y_i}{N}, \tag{3}$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{1i} y_i}{N}, \tag{4}$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{2i} y_i}{N}, \tag{5}$$

$$b_3 = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{3i} y_i}{N}, \tag{6}$$

$$b_{12} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{12i} y_i}{N}, \quad (7)$$

$$b_{13} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{13i} y_i}{N}, \quad (8)$$

$$b_{23} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{23i} y_i}{N}, \quad (9)$$

$$b_{123} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{123i} y_i}{N}. \quad (10)$$

Розрахункову матрицю для визначення всіх коефіцієнтів регресії наведено в табл.5.

Таблиця 5 – Розрахункова матриця для визначення коефіцієнтів рівняння регресії

№ дослід	Фактори								y
	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₂	x ₁₃	x ₂₃	x ₁₂₃	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	44
2	+	-	+	+	-	-	+	-	61
3	+	+	-	+	-	+	-	-	79
4	+	-	-	+	+	-	-	+	61
5	+	+	+	-	+	-	-	-	297
6	+	-	+	-	-	+	-	+	297
7	+	+	-	-	-	-	+	+	367
8	+	-	-	-	+	+	+	-	402

За допомогою формул (3) та (4) визначаємо коефіцієнти b_0 і b_1 :

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^8 y_i}{8} = \frac{44 + 61 + 79 + 61 + 297 + 297 + 367 + 402}{8} = 201,$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^8 x_{1i} y_i}{N} = \frac{44 - 61 + 79 - 61 + 297 - 297 + 367 - 402}{8} = -4,25.$$

Аналогічно за допомогою формул (5)-(10) визначаємо інші коефіцієнти. Після розрахунків маємо: $b_2 = -26,25$; $b_3 = -139,75$; $b_{12} = 0$; $b_{13} = 4,5$; $b_{23} = 17,5$; $b_{123} = -8,75$.

Проаналізуємо, перш за все, можливість одержати лінійне рівняння, яке адекватно описує процес. Лінійна математична модель в цьому випадку має вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_{12} + b_{13}x_{13} + b_{23}x_{23} + b_{123}x_{123}. \quad (11)$$

Після підстановки визначених коефіцієнтів регресії одержимо

$$y = 201 - 4,25x_1 - 26,25x_2 - 139,75x_3 + 4,5x_{13} + 17,5x_{23} - 8,75x_{123}, \quad (12)$$

де x_1, x_2, x_3 – значення факторів у закодованому вигляді.

Ці значення необхідно розраховувати за допомогою формули

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\delta_i}. \quad (13)$$

У цьому виразі X_i – натуральне значення фактору; X_{i0} – натуральне значення фактору на нульовому рівні; δ_i – інтервал змін відповідного фактору. В рівнянні (12) x_{13} – це добуток першого і третього факторів в закодованому вигляді. Аналогічно x_{23} і x_{123} .

Як приклад, розрахуємо для першого фактору, зокрема для температури повітря в приміщенні, значення x_1 в закодованому вигляді, коли температура повітря дорівнює $t = 25,8^{\circ}\text{C}$. Для цього визначимо інтервал змін фактора і його натуральне значення на нульовому рівні:

$$\delta_1 = \frac{26,19 - 25,1}{2} = 0,545^{\circ}\text{C},$$

$$x_{0i} = 26,19 - \delta_1 = 26,19 - 0,545 = 25,645^{\circ}\text{C}.$$

Кодове значення фактору x_1 :

$$x_1 = \frac{25,8 - 25,645}{0,645} = 0,284.$$

Аналогічно можна перевести натуральну величину кожного фактору в кодову форму і скористатись рівнянням (12) для визначення функції відгуку, тобто для визначення кількості грибів в одному метрі кубічному.

На основі попереднього аналізу одержаного рівняння (12) можна зробити висновок, що найбільш суттєвий вплив, на ріст пліснявих грибів, має третій фактор, тобто концентрація вуглекислого газу в приміщенні. Другою за рангом величиною впливу є відносна вологість повітря і потім тільки температура. До такого висновку можна дійти на основі аналізу коефіцієнтів b_1, b_2 і b_3 . Але такий висновок є досить приблизним і може характеризувати вплив факторів на функцію відгуку

тільки в тому діапазоні змін факторів, в якому проводились вимірювання і обробка результатів експерименту. Слід зазначити, що діапазон змін третього фактору значно ширший чим, наприклад, першого фактору. Діапазон змін може також суттєво впливати на оцінку факторів. У нашому випадку діапазон змін відповідає тим параметрам повітря, які спостерігались у період вимірювань при проведенні натурального експерименту.

Оцінка значимості коефіцієнтів рівняння регресії

Виконаємо оцінку значимості коефіцієнтів рівняння регресії (12). Висновок про те, що той чи інший коефіцієнт має значимість у рівнянні регресії роблять на основі порівняння абсолютного значення коефіцієнта з інтервалом довіри. Значимим вважають коефіцієнт, коли виконується нерівність:

$$|b_i| \geq \Delta b, \quad (14)$$

де Δb – інтервал довіри.

Якщо абсолютне значення коефіцієнта b_i менше ніж інтервал довіри, то його можна прийняти, що він дорівнює нулю і не враховувати в рівнянні регресії.

Визначимо інтервал довіри за допомогою t -критерія Ст'юдента:

$$\Delta b = t_{(0,05;f_y)} \sqrt{\frac{S_y^2}{N \cdot M}}, \quad (15)$$

де $t_{(0,05;f_y)}$ – 5% точка розподілення Ст'юдента з f_y ступенями свободи; S_y^2 – дисперсія (помилка досліду); N – кількість дослідів на різних рівнях; M – кількість паралельних дослідів на одному рівні. У нашому випадку згідно з таблицями t -критерій Ст'юдента $t_{(0,05;8)} = 2,31$. Але, щоб скористатись рівнянням (15) і визначити інтервал довіри, потрібно визначити помилку досліду – S_y^2 . Для цього використаємо дані (результати вимірювань), наведені в табл.1. Вимірювання в кожному досліді, а їх було вісім, тобто $N = 8$, повторювались три рази. Іншими словами, на одному рівні було три паралельних дослідів ($M = 3$). Дисперсія в кожному досліді визначена за допомогою рівняння

$$S_y^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M (y_{uj} - \bar{y}_u)^2, \quad (16)$$

де y_{uj} – значення функції відгуку при першому вимірюванні; \bar{y}_u – середнє значення функції відгуку.

Наприклад, у першому досліді було виконано три паралельних вимірювання функції відгуку. Результати вимірювань наведено в табл.6. Дисперсія першого досліді складає:

$$S_y^2 = \frac{1}{3-1} (18^2 + 35^2 + 18^2) = 936,5.$$

Аналогічно визначено дисперсію в кожному іншому досліді й результати наведено в табл.6.

Таблиця 6 – Результати вимірювань кількості грибів в 1 м³ повітря і дисперсія досліді

№ до- сліді	Кількість грибів у 1 м ³				Відхилення від середнього значення			Дисперсія S_y^2
	1 ^є вимі- рюван- ня y_{u1}	2 ^є вимі- рюван- ня y_{u2}	3 ^є вимі- рюван- ня y_{u3}	середнє значення y_u	$ y_{u1} - \bar{y}_u $	$ y_{u2} - \bar{y}_u $	$ y_{u3} - \bar{y}_u $	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	26	79	26	44	18	35	18	936,5
2	79	53	53	61	18	8	8	226
3	79	105	53	79	0	26	26	679
4	79	53	53	61	18	8	8	226
5	157	314	420	297	140	17	123	17509
6	262	420	210	297	35	123	87	11349
7	157	341	603	367	210	26	236	50236
8	420	420	367	402	18	18	35	936,5
Σ								83177

Середнє значення дисперсії для всіх восьми дослідів складає:

$$S_y^2 = \frac{936,5 + 226 + 676 + 226 + 17509 + 11349 + 50236 + 936,5}{8} = 10262.$$

Інтервал довіри дорівнює:

$$\Delta b = 2,31 \sqrt{\frac{10262}{8 \cdot 3}} = 47,8.$$

Як уже зазначалось, якщо чисельне значення того чи іншого коефіцієнта b_i менше інтервалу довіри, то його можна не враховувати в рівнянні регресії. Порівнюючи значення коефіцієнтів b_i з інтервалом довіри можна зробити висновок, що рівнянні регресії (12) необхідно врахувати лише коефіцієнти b_0 і b_3 . Всі інші коефіцієнти не значимі. Це дає можливість суттєво спростити рівняння регресії і зробити висновок, що

найбільш впливає на процес зростання кількості грибів концентрація вуглекислого газу в повітрі. Математична модель після спрощення має вигляд:

$$y = 201 - 139,75x_3. \quad (17)$$

Оцінку адекватності математичної моделі (17) виконано за допомогою критерію Фішера. Математична модель адекватно описує процес.

Підсумовуючи результати аналізу впливу температури, вологості і забруднення повітря вуглекислим газом, можна зробити висновок, що найбільший вплив на процес зростання кількості пліснявих грибів має концентрація вуглекислого газу в повітрі, потім вологість і тільки потім температура. Такий висновок зроблено на основі даних експерименту.

За допомогою методу планування експерименту було одержано математичну модель (17), яка дає можливість визначити кількість грибів у 1 м³ повітря при різній концентрації вуглекислого газу в повітрі. Ця модель дає достовірні результати в діапазоні змін параметрів, при яких проводився експеримент.

1.Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных: Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.

2.Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971 – 207 с.

3.Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 167 с.

4.Хикс Ч.Р. Основные принципы планирования эксперимента. – М.: Мир, 1967. – 408 с.

Отримано 20.09.2011

УДК 697.7

Н.Н.БОЛОТСКИХ, канд. техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ БОЛЬШОЙ КУБАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТКРЫТЫХ ГАЗОВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

Описаны современные конструкции открытых газовых инфракрасных нагревателей, даны рекомендации по их дальнейшему применению для отопления зданий больших размеров.

Описано сучасні конструкції відкритих газових інфрачервоних нагрівачів, дано рекомендації з їх подальшого застосування для опалення будівель великих розмірів.

The contemporary construction of open gas infrared heaters are described. The recommendations of their further use for heating larger buildings are given.

Ключевые слова: инфракрасные нагреватели, интенсивность облучения, рабочая зона.