

Д. В. Резнік¹, О. О. Ченчева¹, Є. Є. Лашко¹, О. М. Бесараб², М. Д. Божик¹

¹ Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

² Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАГРІВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ І РЕЦИРКУЛЯТОРІВ НА АЕРОІОННИЙ СКЛАД ПОВІТРЯ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

Анотація. Мета. Дослідження впливу нагрівальних приладів та рециркулятора на концентрацію та аеродинамічний розподіл іонів обох полярностей у виробничому приміщенні. **Методика.** Дослідження кількісного складу аероіонів здійснювалося за допомогою емпіричного методу під час натурального експерименту, статистичного аналізу та апроксимації отриманих експериментальних даних. **Результати.** Грунтуючись на емпіричних даних й отриманих залежностях встановлено, що під час використання тепловентилятора збільшується концентрація негативних аероіонів у 1,7 рази, а позитивних у 2,1 рази. Водночас, використання рециркулятора збільшує концентрацію негативних аероіонів у 2,2 рази, а позитивних – 2,8 рази. **Наукова новизна.** Вперше оцінено вплив нагрівальних приладів різного типу та рециркулятора на кількісний склад аероіонів у виробничому приміщенні. **Практична цінність.** Установлення закономірностей іонізації (деіонізації) повітря під час використання нагрівальних приладів і рециркулятора у контексті створення безпечного робочого середовища працівників.

Ключові слова: аероіони, мікроклімат, тепловий вентилятор, рециркулятор, інфрачервоний обігрівач.

Вступ

Однією з найважливіших проблем, з якими стикаються сучасні роботодавці, є забезпечення якості повітря виробничого приміщення та забезпечення комфортних мікрокліматичних умов робітників. В холодну пору року часто для досягнення комфортних показників температури використовуються нагрівальні прилади, принцип роботи яких засновано на виділенні променистого або конвекційного тепла. Оцінка впливу такого типу приладів на якісні показники повітряного середовища виробничого приміщення і, як наслідок, на здоров'я і працездатність працівників виробничих приміщень є актуальною задачею в умовах сьогодення. Оскільки людина проводить до 70 % життя у приміщеннях, забезпечення належної якості повітряного простору виробничих приміщень може призводити до отруєння продуктами неповного окислення, до дистрофії та атрофії органів і тканин, сприяє передчасному старінню та може стати причиною різних захворювань.

Атмосферне повітря, яким ми дихаємо, несе електричні заряди на частині своїх молекул. Якщо іонізована молекула осіла на частинці рідини або порошинці, такий іон називається важким. Важкі іони шкідливі для здоров'я людини, а легкі, особливо негативно заряджені, мають позитивний вплив на здоров'я людини.

Зовнішнє повітря, проникаючи у виробничі приміщення через вентиляційні установки, втрачає аероіони, особливо легкі з негативним зарядом. Кондиціонування повітря в свою чергу суттєво змінює його електричний стан, а фільтрація через пористі, ватяні, марлеві, масляні та інші фільтри позбавляє повітря всіх аероіонів.

Іонний склад повітря виробничих приміщень набув значної актуальності після того, як було встановлено, що сама людина є джерелом величезної кількості важких іонів (до 500 тис. в 1 см³ повітря). У кожному виробничому приміщенні у присутності людей кількість негативних іонів кисню знижується

майже до нуля. Унормування показників аероіонів негативної полярності дозволяє знижувати стомлюваність, втому, відновлювати сили. Все це сприяє покращенню працездатності, посилює імунітет та різко скорочує захворюваність.

Таким чином, метою дослідження є аналіз впливу нагрівальних приладів на аероіонний склад повітряного простору виробничого приміщення.

Аналіз літературних джерел. Велика кількість робіт спрямована саме на дослідження мікрокліматичних показників робочих приміщень його покращенню та дослідженню якості хімічного складу повітряного простору. Основними показниками мікроклімату приміщення, які впливають на стан здоров'я працівників, як правило відносять температуру, вологість, освітлення, якість та швидкість руху повітря, масову концентрацію пилу, електромагнітне випромінювання. Оцінка якості аероіонного складу є важливою задачею, оскільки саме цей показник значною мірою впливає на здоров'я, психічний стан людини, концентрацію уваги під час виконання складних технологічних операцій.

Впливу аероіонів на здоров'я людини присвячено значну кількість наукових праць [2-6].




Результати дослідження

Дослідження проводилось у виробничому приміщенні із застосуванням повірених приладів, а саме: лічильника аероіонів «Сапфір-3К», цифрового термометра ТМ-902CN, цифрового гігрометра Testo 605 H1.

Аналіз аероіонного складу повітря при використанні нагрівальних приладів здійснювалося при нагріванні виробничого приміщення загальною площею 50 м² (загальний об'єм приміщення – 150 м³). Для підвищення температури використали тепловентилятор Expert IFD01-30, рециркулятор P3T-300*115 Праймед (Osram) та інфрачервоний обігрівач ESO Mini 1500.

Зовнішній вигляд та паспортні дані нагрівальних приладів представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Зовнішній вигляд та технічні параметри побутових пристроїв

Тип пристрою	Зовнішній вигляд	Параметр	Показник
Тепловентилятор Expert IFD01-30		Максимальна потужність	3000Вт
		Нагрівальний елемент	Трубчастий електронагрівач
		Потік повітря	510 м ³ /год
		Габарити	305×260×435 мм
		Вага	6,2 кг
Рециркулятор РЗТ-300*115 Праймед (Osram)		Вид	Ультрафіолетова лампа, бактерицидні лампи
		Тип лампи	Безозонова
		Площа приміщення	до 35 м ²
		Потужність	15 Вт
		Живлення	220 В
		Частота	50 Гц
		Тип цоколя лампи	T5
		Виробник лампи	Osram (Німеччина)
		Розміри	2,2×12,4×51,5 см
		Вага	3,5 кг
Інфрачервоний обігрівач ECO Mini 1500		Рекомендована площа відкритого майданчика	5 м ²
		Площа обслуговування	17 м ²
		Нагрівальний елемент	Карбоновий фламентаин
		Додаткові характеристики	3 режими обігріву (500/1000/1500 Вт)
		Габарити	23×52,5×14 см
		Вага	2 кг
		Потужність	1500 Вт
		Випромінювання	Короткохвильові (0,78–3 мкм)
		Клас захисту від пилу та вологи	IP24

Під час проведення дослідження у виробничому приміщенні вимірювалися мікрокліматичні показники, такі як: температура, вологість повітря та концентрація позитивних та негативних аероіонів. Лічильник іонів було розташовано у геометричному центрі приміщення на висоті 0,9 з метою отримання усереднених даних кількості аероіонів обох полів у виробничому приміщенні. Результати дослідження занесені до табл. 2.

Аналіз отриманих в результаті вимірювання даних, дозволив відмітити наступне:

- прогрівання приміщення з більшою інтенсивністю і швидкістю досягнення бажаних показників здійснюється при використанні інфрачервоного обігрівача. При цьому, повітря у приміщенні на 13% більше прогріте ніж при застосуванні теплового вентилятора та на 49 % більше ніж при поступовому прогріванні природнім повітрообміном через вікна;

- показники вологості повітря при використанні інфрачервоного обігрівача знижуються на величину від 2 до 7% відносно початкового значення зафіксованого у виробничому приміщенні. При цьому, застосування теплового вентилятора зменшує цей показник всього на 2 %, інші два прилади надають ще більше зниження;

- концентрація аероіонів (позитивних і негативних) зростає при використанні теплового вентилятора та рециркулятора, а у разі використання інфрачервоного знижується до «нуля».

Аналіз отриманих даних показав, що тепловий вентилятор збільшує концентрацію негативних аероіонів у 1,7 рази, а позитивних у 2,1 рази, що може бути причиною спонуканням до активного руху повітряних шарів у виробничому приміщенні, зумовлених як прискоренням внаслідок руху лопатей вентилятора, так і конвекційними процесами. Застосування рециркулятора дозволяє збільшити концентрацію негативних аероіонів у 2,2 рази, а позитивних – 2,8 рази. Імовірно це може бути викликано додатковим електричним ефектом рециркулятором, що продукує нові аероіони обох полів.

Найсуттєвіший вплив на аероіонний склад повітря виробничого приміщення створює використання інфрачервоного обігрівача. В результаті можна спостерігати ефект, який називається «випалювання повітря».

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що з метою швидкого підвищення температури приміщення доцільним є використання інфрачервоною обігрівача в комбінації з рециркулятором, що дозволить стабілізувати та частково компенсувати різке зниження кількості аероіонів у повітряному просторі приміщення.

Найбільш впливовим параметром, від якого залежить концентрація аероіонів, є час роботи пристрою. Зміна показників температури та вологості також залежать від часу, але їх впливом на концентрацію аероіонів можна знехтувати.

Таблиця 2 – Результати експерименту

№	Показник				
	Час дослідження, t ₁ , хв	Відносна температура повітря у приміщенні, t ₂ *	Відносна вологість повітря у приміщенні, φ*	Концентрація негативних аероіонів, п ⁻ , см ⁻³	Концентрація позитивних аероіонів, п ⁺ , см ⁻³
Тепловентилятор Expert IFD01-30					
1	0	1,0	1,0	390	760
2	20	1,16	1,0	600	1010
3	40	1,20	1,0	720	1020
4	60	1,25	1,0	730	1100
5	80	1,28	1,0	750	1130
6	100	1,30	0,98	820	1150
7	120	1,35	0,98	860	1220
8	140	1,36	0,98	850	1240
9	160	1,38	0,98	870	1270
10	180	1,39	0,98	860	1290
Рециркулятор РЗТ-300*115 Праймед (Osram)					
1	0	1	1,0	390	760
2	20	1,01	1,0	850	1290
3	40	1,01	0,93	910	1390
4	60	1,01	0,93	1010	1420
5	80	1,01	0,93	1030	1430
6	100	1,02	0,93	1040	1470
7	120	1,02	0,93	1040	1480
8	140	1,03	0,93	1040	1510
9	160	1,03	0,93	1140	1540
10	180	1,03	0,93	1120	1560
Інфрачервоний обігрівач ECO Mini 1500					
1	0	1,0	1,0	390	760
2	20	1,11	0,98	110	360
3	40	1,24	0,96	0	180
4	60	1,30	0,96	0	90
5	80	1,37	0,96	0	80
6	100	1,41	0,96	0	70
7	120	1,43	0,95	0	40
8	140	1,45	0,95	0	30
9	160	1,49	0,95	0	20
10	180	1,52	0,93	0	10

Примітка * – відносні одиниці, що приведені до нормативних значень

Експериментальні дані було апроксимовано та визначено залежність зміни аероіонного складу повітря, концентрації аероіонів обох зарядів від часу експлуатації нагрівальних приладів. Вираз, який описує дану залежність має вигляд:

$$n^-(t) = a + bt + ct^2 + dt^3 + et^4, \quad (1)$$

де t – час експлуатації пристрою, хв.; a, b, c, d, e – коефіцієнти апроксимаційного виразу.

Значення коефіцієнтів апроксимаційного виразу наведені у табл. 3.

Експериментальні дані та графіки апроксимованих залежностей концентрації аероіонів від часу роботи апаратів представлено на рис. 1.

Висновки

З метою забезпечення комфортних температурних умов праці працівників виробничих приміщень та задовільного аероіонного складу повітря доцільним є застосування нагрівальних приладів типу теплого вентилятора.

Таблиця 3 – Коефіцієнти апроксимаційного рівняння

Тип аероіонів	Коефіцієнти для виразу					Коефіцієнт кореляції
	a	b	c	d	e	
Тепловентилятор Expert IFD01-30						
негативні аероіони	394,69	13,42	-0,19	-1,31*10 ⁻³	-3,19*10 ⁻⁶	0,96
позитивні аероіони	774,41	12,91	-0,2	1,38*10 ⁻³	-3,35*10 ⁻⁶	0,95
Рециркулятор РЗТ-300*115 Праймед (Osram)						
негативні аероіони	407,48	26,24	-0,40	2,59*10 ⁻³	-5,77*10 ⁻⁶	0,95
позитивні аероіони	782,66	31,35	-0,52	3,49*10 ⁻³	-8,1*10 ⁻⁶	0,96
Інфрачервоний обігрівач ECO Mini 1500						
негативні аероіони	384,69	-18,34	0,29	-1,87*10 ⁻³	4,19*10 ⁻⁶	0,975
позитивні аероіони	756,43	-25,62	0,35	-2,13*10 ⁻³	4,57*10 ⁻⁶	0,99

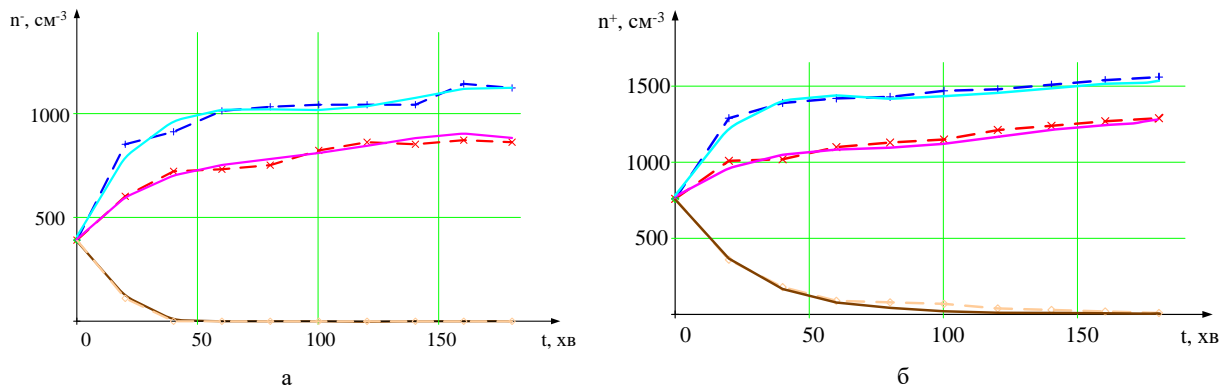


Рис. 1. Динаміка зміни концентрації аероіонів у приміщенні: а – негативні аероіони; б – позитивні аероіони
 —×— – експериментально визначена концентрація аероіонів у разі використання теплового вентилятора Expert IFD01-30; —— – апроксимована залежність концентрації аероіонів в залежності від часу роботи теплового вентилятора Expert IFD01-30; —+— – експериментально визначена концентрація аероіонів у разі використання рециркулятора РЗТ-300*115 Праймед (Osram); —— – апроксимована залежність концентрації аероіонів в залежності від часу роботи рециркулятора РЗТ-300*115 Праймед (Osram); —◇— – експериментально визначена концентрація аероіонів у разі використання інфрачервоного обігрівача ECO Mini 1500; —— – апроксимована залежність концентрації аероіонів в залежності від часу роботи інфрачервоного обігрівача ECO Mini 1500

Такі нагрівальні прилади за результатами отриманих експериментальних даних дозволяють збільшити концентрацію негативних аероіонів у 1,7 рази, а позитивних у 2,1 рази, що може бути причиною інтенсивного переміщення повітряних потоків у приміщенні.

Використання рециркуляторів у приміщеннях дозволяє збільшити концентрацію негативних аероіонів у 2,2 рази, а позитивних – 2,8 рази, що імовірно може бути викликано додатковим електричним

ефектом, який сприяє виділенню нових аероіонів обох полів. Це позитивно впливає на показники аероіонного складу повітря виробничого приміщення.

При цьому застосування інфрачервоних обігрівачів є небезпечним для нагрівання виробничих приміщень, оскільки призводить до зниження показників аероіонного складу майже до нуля. Використання такого типу обігрівачів вимагає встановлення поруч з ними рециркуляторів з метою компенсації та рекомбінації аероіонів обох зарядів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Shu-Ye Jiang, Ali Ma and Srinivasan Ramachandran Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018, 19, 2966.
2. Bailey, W.H.; Williams, A.L.; Leonhard, M.J. Exposure of laboratory animals to small air ions: A systematic review of biological and behavioral studies. *BioMed. Eng. online* 2018, 17, 72.
3. Lazzarini, F.T.; Orlando, M.T.; De Prá, W. Progress of negative air ions in health tourism environments applications. *Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd.* 2018, 33, 27–46.
4. Zhou, P.; Yang, Y.; Huang, G.; Lai, A.C.K. Numerical and experimental study on airborne disinfection by negative ions in air duct flow. *Build. Environ.* 2018, 127, 204–210.
5. Ченчева, О. О., Бурдейна, Н. Б., Лашко, Є. Є., Шевченко, В. Г., Петренко І. С. (2022). Вплив пилоутворення при механічному обробленні карбон-карбонівих композитів на ризик виникнення професійних захворювань. *Проблеми охорони праці в Україні*, 38(3–4), 25–33.
6. Ченчевой В. В., Сукач С. В., Ченчева О. О., Федорова Н. С., Григор'єва Д. С. Дослідження параметрів гідроаероіонного складу повітря робочого приміщення з ультразвуковою іонізацією. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2020.2(47).168–174.

Received (Надійшла) 11.12.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 07.02.2024

Research of the influence of heating devices and recirculators on the aeroionic composition of air in the production zone

Dmytro Rieznik, Olga Chenchewa, Yevhenii Lashko, Oleg Besarab, Maria Bozhik

Abstract. Purpose. Research of the effect of heating devices and a recirculator on the concentration and aerodynamic distribution of ions of both polarities in the production room. **Methodology.** The study of the quantitative composition of aeroions using an empirical method during a field experiment, statistical analysis and approximation of experimentally obtained data. **Findings.** Based on empirical data and obtained dependencies, it was established that during the use of a fan heater, the concentration of negative aeriions increases by 1.7 times, and positive ions by 2.1 times. At the same time, the use of a recirculator increases the concentration of negative air ions by 2.2 times, and positive ones by 2.8 times. **Originality.** For the first time, the influence of heating devices of various types and a recirculator on the quantitative composition of aeriions in the production zone was evaluated. **Practical value.** Establishing patterns of air ionization (deionization) during the use of heating devices and a recirculator in the context of creating a safe working environment for employees.

Keywords: aeriions, microclimate, thermal fan, recirculator, infrared heater.