

цей технічний процес, застосування установок електромагнітного резонансу дасть змогу у вісім разів знизити витрати на зниження твердості тощо.

Складений, наприклад, ескізний проект використання 800 м³/год шахтної води як сировини для частини питної води міста Алчевська показав, що собівартість 1 м³ води не перевищить 70 коп. за 1 м³ навіть з урахуванням вартості піднімання.

На нашу думку, використання шахтної води для промислових і побутових потреб — єдиний шлях запобігання екологічної катастрофи для Донбасу.

1. *Экологические проблемы Луганщины // Библиотека Луганской областной организации Партии Зеленых Украины. Вып. № 4, 2001 г. 2. А. Алтенова. Экологическая катастрофа как объективная реальность // Зеркало недели (Киев) от 20.01.2000 г. 3. Кучин И.Н. Повышение экологической безопасности и эффективности применения некондиционных вод Донбасса для бытовых и промышленных целей (27.00.07 — системы защиты среды обитания человека). Дисс. д. т. н. — Алчевск, 2003.*

УДК 629.113.06:628.83

Т. Щеглюк, В. Желих, Ю. Юркевич
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ВПЛИВ ВІЛЬНИХ КОНВЕКТИВНИХ ПОТОКІВ НА ОРГАНІЗАЦІЮ ПОВІТРООБМІНУ В ПРИМІЩЕННЯХ НЕВЕЛИКОГО ОБ'ЄМУ

© Щеглюк Т., Желих В., Юркевич Ю., 2004

In this article the results of air distribution of laminar air stream in volume of the module of a technological room are presented.

Постановка проблеми. Багато нових технологій, які сприяють науково-технічного прогресу, потребують високопрецизійних технологічних приміщень. Підприємства різних галузей промисловості, таких, як мікроелектроніка, медицина тощо із складними технологічними процесами для зменшення браку продукції, покращання її якості вимагають спеціальних технологічних приміщень. У таких приміщеннях забезпечується відповідний мікроклімат, що стосується швидкості руху повітря, температури повітря, його відносної вологості, рівня шуму, чистоти.

Під час надходження у приміщення теплоти, пилу, шкідливих газів, водяної пари та інших забрудників в кількостях, що роблять їх концентрації вищими за певні межі, гігієнічні показники повітря знижуються, а надлишкові домішки та теплота стають шкідливими виділеннями. Важливим завданням і надалі залишається розподіл і видалення наявних в повітрі технологічних приміщень аерозолів. Отже, оскільки проблема є дуже актуальною, потрібно забезпечити відповідну організацію повітрообміну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що забезпечення рівномірності повітряного потоку в робочій зоні технологічного приміщення є одним з найскладніших питань, котрі виникають при створенні їх зразків. Взаємозв'язок параметрів повітряного потоку з геометричними розмірами технологічних приміщень є достатньо складною задачею через те, що залежність набуває характер багатофакторної. Для цього слід використовувати метод розрахунку системи повітророзподілу, що базується на математичному моделюванні схем організації повітрообміну, також при використанні законів теорії ймовірності та математичної статистики для оброблення полів швидкостей у всьому об'ємі робочої зони.

Дослідження з цього питання проводили такі вчені, як І.Л. Ганес, Л.С. Клячко, Л.Б. Успенська [3; 7; 8]. Розрахунок системи повітророзподілу виконують на основі експериментальних даних за допомогою математичної статистики. Цей метод дає змогу оцінити нерівномірність, що створюється в робочій зоні системою повітророзподілу.

В технологічних приміщеннях залежно від їх призначення згідно з міжнародним стандартом F 209 С існують схеми повітрообміну з вертикальним ламінарним потоком (подача повітря зі всієї площі стелі і видалення зі всієї площі підлоги), горизонтальним ламінарним потоком (подача повітря зі всієї площі стіни та видалення його з протилежного боку) та турбулентним повітряним потоком (з виходом повітря, здебільшого, з частини підшивної стелі).

Існують методики розрахунку параметрів повітряного потоку, що створюється безвихровими повітророзподільвачами, душувальними насадками, перфорованою стелею. На жаль, ці методики не дають можливості розрахувати поля швидкостей у всьому об'ємі приміщення з урахуванням таких чинників, як наявність робочого обладнання, місце розташування і геометричні розміри витяжного отвору, наявність вільних конвективних потоків, що виникають внаслідок технологічного процесу.

Робота спрямована на дослідження повітряних потоків в модулі технологічного приміщення, обладнаного робочими місцями, з роздаванням повітря по всій площі стелі і видаленням його через надпідлоговий стіновий отвір, а також виявлення впливу вільних конвективних потоків на організацію повітрообміну і розробку інженерного методу розрахунку полів швидкостей.

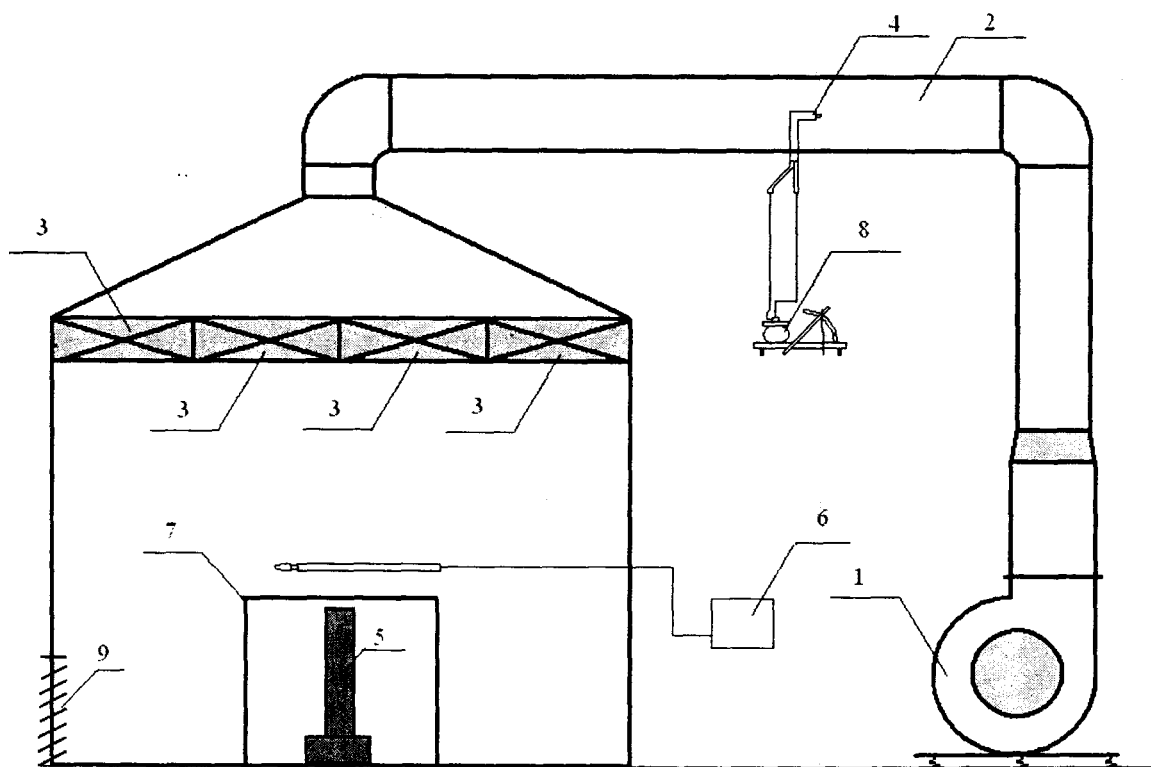


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

- 1 — вентилятор Ц4-70 № 4; 2 — повітропровід; 3 — повітророздавальний пристрій;
 4 — трубка Піто-Прандтля; 5 — інфрачервоний випромінювач;
 6 — термометр ТА-9 № 25; 7 — робоче місце; 8 — мікроманометр ММН-240;
 9 — витяжний отвір

Мета цієї роботи — теоретичні та експериментальні дослідження розвитку умовно ламінарного повітряного потоку в об'ємі модуля технологічного приміщення у разі його роздавання через

перфоровану стелю і подальше видалення через боковий отвір у стіні; виявлення впливу вільних конвективних потоків на формування повітряного потоку в модулі технологічного приміщення з робочим обладнанням; створення інженерного методу розрахунку розподілу повітря в об'ємі технологічного приміщення.

Експериментальні дослідження велись в натурних умовах на стенді, схема якого показана на рис. 1, за таких умов та спрощень:

- роздача повітря здійснювалась ізотермічним потоком;
- довжина експериментального модуля l_{\max} становила 0,9 м;
- ширина експериментального модуля b_{\max} становила 0,6 м;
- висота експериментального модуля h_{\max} становила 1,5 м;
- витрата і швидкість повітряного потоку не змінювалися і становили відповідно.

Установка працює так: вмикаємо вентилятор 1, повітря подається у повітропровід 2 і через повітророздавальний пристрій 3 надходить у робочу експериментальну зону вертикальними потоками, де знаходилось робоче місце 7. Видалялось повітря через отвір у боковій стіні нижньої зони експериментального модуля. Інфрачервоний нагрівач опромінює бокову стінку, в результаті чого утворювався вільний конвективний потік, що попадав в робочу частину експериментального модуля. Трубною Піто-Прандтля 4 визначали швидкість повітряного потоку у повітропроводі 2, покази якої фіксувалися мікроманометром (ММН — 240) 8. Поля швидкостей повітряного потоку в об'ємі експериментального модуля визначали термоанемометром 6 (типу ТА — 9 № 25). Для цього площа підлоги була поділена на квадрати, в кожному з яких на різних висотах експериментального модуля замірялися швидкості повітряного потоку. На основі даних результатів будували поля швидкостей.

Дослідження повітророзподілу в модулі технологічного приміщення показали, що на швидкість впливають геометричні параметри його конструктивних елементів: h — висота модуля, l — довжина модуля, f — площа витяжного отвору. З метою надання функції відгуку адекватності ці параметри виражають у безрозмірному вигляді:

- висота модуля x_1 ($h = h / h_{\max}$);
- довжина модуля x_2 ($l = l / l_{\max}$);
- площа витяжного отвору x_3 ($f = f / f_{\max}$).

Визначальні фактори мають рівні, від яких залежить розподіл повітряного потоку, але інтервали їх зміни обмежуються:

$$\begin{array}{lll} x_1 = 0,102; & 0,551; & 1,0; \\ x_2 = 0,0031; & 0,5; & 0,969; \\ x_3 = 0,3; & 0,45; & 0,6. \end{array}$$

Для того, щоб визначити ступінь впливу кожного з цих факторів, було складено матрицю планування трифакторного експерименту.

Функцією відгуку (параметром оптимізації) є безрозмірна швидкість повітряного потоку $V = V / V_0$ (де V_0 — швидкість виходу повітря з перфорованої стелі).

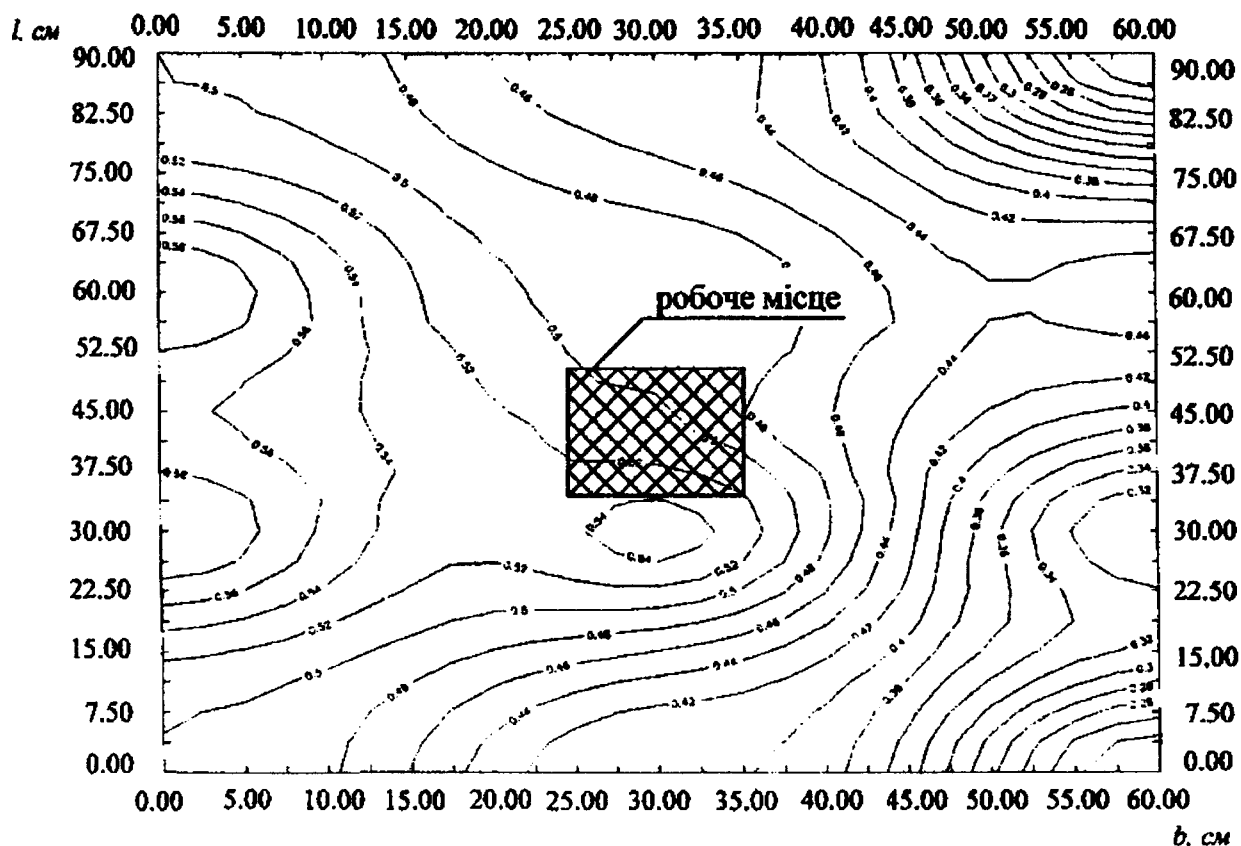
За отриманим рівнянням регресії можна визначити швидкість повітряного потоку в технологічному приміщенні при будь-якій витраті припливного повітря і при виході його через повітророздавальний пристрій, розташований в стелі:

$$\begin{aligned} V = & 0,9125 - 0,1225 f / f_{\max} + 0,09 h / h_{\max} - 0,185 l / l_{\max} + 0,105 f h / f_{\max} h_{\max} + \\ & + 0,07 f l / f_{\max} l_{\max} + 0,1875 h l / h_{\max} l_{\max} \end{aligned} \quad (1)$$

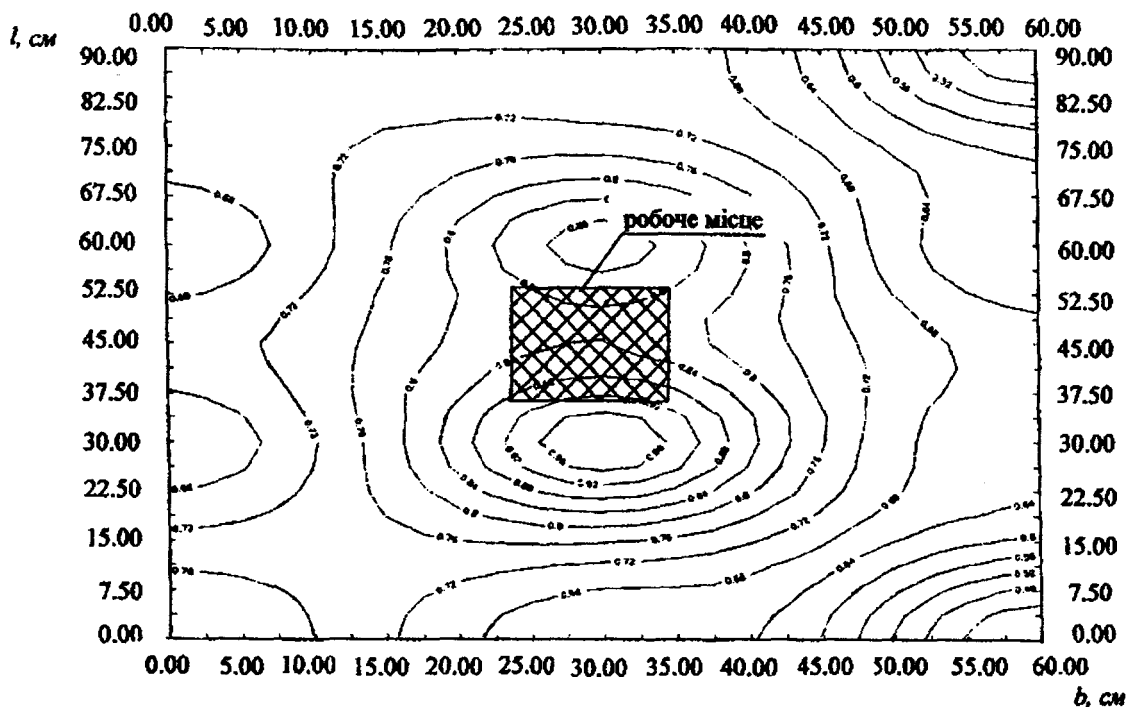
Матриця планування трифакторного експерименту

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+	-	-	+	+	-	-	+	0,55
2	+	+	-	-	-	-	+	+	0,84
3	+	-	+	-	-	+	-	+	1,03
4	+	+	+	+	+	+	+	+	1,00
5	+	-	-	-	+	+	+	-	1,55
6	+	+	-	+	-	+	-	-	0,35
7	+	-	+	+	-	-	+	-	1,01
8	+	+	+	-	+	-	-	-	0,97

Кількісні значення коефіцієнтів регресії показують силу впливу відповідного фактора на параметр V . Знак мінус свідчить про те, що зі збільшенням цього фактора значення швидкості зменшується. Аналіз залежності показує, що найрізкіше швидкість зменшується із збільшенням співвідношення l / l_{\max} . Найбільший вплив на зміну швидкості має співвідношення $h_l / h_{\max} l_{\max}$. Співвідношення висоти приміщення h / h_{\max} впливає на зміну швидкості V повітряного потоку найменше.



a



б

Рис. 2. Поля швидкостей повітряного потоку в об'ємі експериментального модуля на висоті $h = 60$ см: а) з нагрівачем; б) без нагрівача

Проаналізувавши графічні залежності з урахуванням вільних конвективних потоків, можна зробити висновок, що в пристінній зоні технологічного приміщення вільні конвективні маси призводять до турбулізації потоку, що спричиняє утворення застійних зон, збільшення концентрації шкідливостей, особливо пилу. Це негативно впливає на технологічний процес. Досліди показали, що найсприятливішим місцем розташування робочого обладнання є зона посередині приміщення.

Висновки. На основі отриманих результатів констатуємо:

— виконано теоретичні і експериментальні дослідження закономірностей розвитку умовно ламінарного повітряного потоку в об'ємі модуля технологічного приміщення у разі роздавання повітря через перфоровану стелю і видалення його крізь боковий отвір;

— виявлено вплив вільних конвективних потоків за наявності технологічного обладнання та його розташування на формування структури повітряного потоку в модулі технологічного приміщення;

— створено інженерний метод для розрахунку швидкості повітря в об'ємі технологічного приміщення.

Отримані результати дають змогу розраховувати поля швидкостей в робочому об'ємі на стадії проектування технологічного приміщення, що дає змогу визначити оптимальні місця розташування робочого обладнання.

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М., 1976. 2. Альтишль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. — М., 1987. 3. Ганес И.Л., Клячко Л.С. Кондиционирование воздуха в промышленных и общественных зданиях. — М., 1968. 4. Калоша В.И., Лобко С.И., Чикова Т.С. Математическая обработка результатов экспериментов. — Минск, 1982. 5. Каракеян В.И., Муравин И.А. и др. Влияние климатических параметров наружной среды на эффективность функционирования чистых производственных помещений // Электронная промышленность, 1987. 6. Каракеян В.И., Муравин И.А. и др. Расчет параметров воздуха и характеристик чистых производственных помещений // Электронная промышленность, 1988. 7. Успенская Л.Б. Вопросы проектирования и монтажа санитарно-технических систем. — Л., 1970. 8. Успенская Л.Б. Математическая статистика в вентиляционной технике. — М., 1980. 9. Ушаков В.И. Прецизионное кондиционирование воздуха в чистых производственных помещениях. — М., 1988.