



**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ  
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,  
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ**

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

*XXI Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих вчених, курсантів та  
студентів*

### **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Львів – 2026*

#### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Голова:** Дмитро **БОНДАР** – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник цивільного захисту України, доктор юридичних наук, доцент.

**Заступники голови:** Василь **ПОПОВИЧ** – проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;  
Ярослав **ІЛЬЧИШИН** – начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат педагогічних наук.

#### **Члени наукового комітету:**

**Oksana TELAK** – MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;  
**Jerzy TELAK** – ASE, Warszawa, Poland, Doctor of Sciences, Professor;  
**Boguslaw KOGUT** – Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;  
**Вікторія СЕРГІЄНКО** – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, доктор медичних наук, професор;  
**Анастасія СИМАНОВА** – Голова Ради молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України, професор кафедри фінансових технологій та бізнесу Національного університету “Київський авіаційний інститут”, доктор економічних наук, професор;  
**Дмитро КОБИЛКІН** – учений секретар Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;  
**Ольга БАРАБАШ** – завідувач науково-дослідної лабораторії актуальних проблем правозастосовної та правоохоронної діяльності навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності, Голова Ради молодих вчених Львівського державного університету внутрішніх справ, доктор юридичних наук, професор;  
**Андрій ОСТАП'ЮК** – перший проректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат юридичних наук;  
**Назарій КОВАЛЬ** – проректор з персоналу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор філософії;  
**Олександр ПРИДАТКО** – проректор із навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;  
**Тарас БОЙКО** – проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук.

УДК 532.5.6

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА SCILAB ДЛЯ ЧИСЕЛЬНОГО АНАЛІЗУ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

*Михайло Борецький*

**Тарас Гембара**, к.т.н., доцент

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Львів, Україна**

На основі створеної програми в середовищі Scilab проведено чисельний аналіз якості повітря в замкнених приміщеннях за вмістом вуглекислого газу CO<sub>2</sub>. Для опису процесу масообміну використано рівняння балансу концентрації CO<sub>2</sub> з урахуванням припливу зовнішнього повітря та інтенсивності внутрішніх при функціонально детермінованих та стохастичних джерелах його генерації.

**Ключові слова:** математична модель, вуглекислий газ, якість повітря, Scilab програми.

## **APPLICATION OF SCILAB SOFTWARE ENVIRONMENT FOR NUMERICAL ANALYSIS OF UNSTATIONARY MODES OF SUPPLY- EXHAUST VENTILATION**

*Mykhailo Boretsky*

**Taras Gembara**, Ph.D., Associate Professor,

**Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine**

Based on the created program in the Scilab environment, a numerical analysis of air quality in closed rooms by the content of carbon dioxide CO<sub>2</sub> was carried out. To describe the mass transfer process, the CO<sub>2</sub> concentration balance equation was used, taking into account the inflow of outdoor air and the intensity of indoor air with functionally determined and stochastic sources of its generation.

**Keywords:** mathematical model, carbon dioxide, air quality, Scilab programs.

Якість повітря в приміщеннях істотно залежить від концентрації CO<sub>2</sub>, що зростає через дихання людей. Для керування вентиляцією доцільно використовувати однозонну модель з добре перемішаним повітрям та рівнянням масового балансу CO<sub>2</sub> [1, с.79]. Ця модель добре узгоджується з сучасними публікаціями та рекомендаціями [2, с.34].

Розроблено і обґрунтовано метод оцінки якості повітря в замкнених приміщеннях на основі програмного аналізу роботи припливно-витяжної системи вентиляції, однозонної моделі масового балансу CO<sub>2</sub> та серії відповідних диференціальних рівнянь [1, с.81] .

Рівняння масового балансу для об'єму  $V$  ( $\text{м}^3$ ) за припливу/витяжки  $V_p$  ( $\text{м}^3/\text{хв}$ ) і кількості людей  $n(t)$ :

$$dC/dt = n(t) \cdot q/V + (V_p/V) \cdot (C_{\text{out}} - C),$$

де  $C$  - концентрація  $\text{CO}_2$  у повітрі (безрозмірна),  $q$  - об'ємне надходження  $\text{CO}_2$  від однієї людини ( $\text{м}^3/\text{хв}$ ) (типово  $0.0003$ – $0.0005$   $\text{м}^3/\text{хв}$  для легкої активності, див. [6, 20]),  $C_{\text{out}}$  - зовнішня частка  $\text{CO}_2$ . Стійкий розв'язок при сталому  $n$ :  $C^*(n) = C_{\text{out}} + n \cdot q/V_p$ . Перехідний процес описується експонентою з постійною часу  $\tau = V/V_p$ .

Розглянуто детерміновані та стохастичні сценарії зміни кількості людей. Виконано чисельні експерименти. Для обчислювальних процедур використано програмне середовище Scilab, яке створене вченими спеціально для наукових досліджень з вільним доступом і є в певній мірі аналогом відомого пакету Matlab. Нижче наведено фрагменти Scilab-коду із заданим описом параметрів в коментарях для відтворення результатів обчислень:

```
// Параметри
V = 20*10^3; // м^3
Vp = 15; // м^3/хв
q = 0.0004; // м^3 CO2 / (генерація особою хв)
Cout = 0.0002; // концентрація CO2 зовні
C0 = 0.0002; // початкова концентрація
n_const = 25; //всього осіб
dt = 1; T = 360;
// Ітераційне розв'язання dC/dt = n*q/V + (Vp/V)*(Cout - C)
t = 0:dt:T;
C = zeros(t) + C0;
for k=2:length(t)
    dCdt = n_const*q/V + (Vp/V)*(Cout - C(k-1));
    C(k) = C(k-1) + dt*dCdt;
end
// Періодична кількість людей
tp = 360; w = 30;
n_per = w*(sin(%pi*t/tp)).^2;
Cper = zeros(t) + C0;
for k=2:length(t)
    dCdt = n_per(k-1)*q/V + (Vp/V)*(Cout - Cper(k-1));
    Cper(k) = Cper(k-1) + dt*dCdt;
end
// Стохастика: двостановий Марковський ланцюг
n_low=10; n_high=40; p_up=0.03; p_down=0.04;
state = 0; // 0=low, 1=high
n_m = zeros(t)+n_low;
rand("seed",123456);
```

```
for k=2:length(t)
    if state==1 then
        if rand() < p_down then state=0; end
    else
        if rand() < p_up then state=1; end
    end
    n_m(k) = (state==1) ? n_high : n_low;
end
Cm = zeros(t) + C0;
for k=2:length(t)
    dCdt = n_m(k-1)*q/V + (Vp/V)*(Cout - Cm(k-1));
    Cm(k) = Cm(k-1) + dt*dCdt;
end
```

Зроблено наступні висновки:

1) подвоєння витрати припливу/витяжки ( $V_p=30 \text{ м}^3/\text{хв}$ ) істотно знижує усталені рівні  $\text{CO}_2$  порівняно з  $V_p=15 \text{ м}^3/\text{хв}$ .,

2) періодичні та стохастичні зміни кількості людей формують піки  $\text{CO}_2$ ; контроль за  $V_p(t)$  за прогнозом  $n(t)$  дозволяє утримувати  $\text{CO}_2 < 1000 \text{ ppm}$  для наведених параметрів,

3) Марковський процес адекватний для офісів та черг з випадковими входами-виходами; нормальні коливання – для стабільних аудиторій із помірними флуктуаціями,

4) припущення добре перемішаного повітря коректне для невеликих приміщень, але в деяких умовах варто врахувати неоднорідність (near-field/far-field).

Отже у підсумку застосування методу може допомогти підтримувати безпечні рівні  $\text{CO}_2$  у захисних спорудах та громадських приміщеннях на основі попередніх розрахунків.

### **Список літератури**

1. Гембара Т.В., Марич В.М., Трусевич О.М. Математичне моделювання роботи системи припливно – витяжної вентиляції в стаціонарному та нестаціонарному режимах. Зб. наук. праць V Всеукраїнської науково–практичної конференції викладачів та фахівців–практиків Охорона праці: освіта і практика –Львів: ЛДУ БЖД, травень 2025, С.79-81.

2. Гембара Т.В., Марич В.М. Диференціальне рівняння управління припливно – витяжною системою вентиляції замістом  $\text{CO}_2$  у приміщенні. Зб. наук. праць IV Всеукраїнської науково–практичної конференції викладачів та фахівців–практиків Охорона праці: освіта і практика –Львів: ЛДУ БЖД, травень 2024, С.34-35.

УДК 796.011:004.9

## **ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФІЗИЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ТА СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

*Назарій Понич*

**Юрій Антошків**, начальник кафедри рятувальної підготовки  
та фізичного виховання

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
м. Львів, Україна**

Розглянуто ключові аспекти впровадження інформаційних технологій у процес фізичної підготовки. Описано практичні сфери застосування цифрових інструментів для підвищення рівня безпеки життєдіяльності та оперативного моніторингу стану організму.

**Ключові слова:** інформаційні технології, фізична підготовка, безпека життєдіяльності, цифрова трансформація, моніторинг.

## **APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN PHYSICAL TRAINING AND LIFE SAFETY SYSTEM**

*Nazarii Ponych*

**Yurii Antoshkiv**, Head of the Department of Rescue Training  
and Physical Education

**Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine**

The article considers the key aspects of implementing information technologies in the process of physical training. Practical areas of using digital tools to increase the level of life safety and operational monitoring of the body's condition are described.

**Keywords:** information technologies, physical training, life safety, digital transformation, monitoring.

Сучасна система фізичної підготовки потребує інтеграції високих технологій для мінімізації ризиків травматизму та підвищення загальної безпеки життєдіяльності [1]. Використання інформаційних технологій (ІТ) дозволяє перетворити тренувальний процес на керовану систему з чіткими параметрами зворотного зв'язку [2].

Основним напрямом застосування ІТ є біометричний моніторинг у реальному часі. Використання датчиків ЧСС, пульсоксиметрії та систем відстеження варіабельності серцевого ритму дозволяє запобігати критичним перевантаженням серцево-судинної системи. Це особливо актуально при підготовці фахівців рятувальних служб, де фізичне навантаження часто межує з екстремальним [3].

Геолокаційні системи та GPS-трекінг відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки під час занять на відкритій місцевості або під час