

UDC 620.97:697.329

Ensuring Room Air Exchange for Exercises

P. Kapalo¹, O. T. Vozniak², Yu.S. Yurkevych³, Kh. V. Myroniuk⁴

¹PhD, associate professor, Technical University of Košice, Slovakia, peter.kapalo@tuke.sk ORCID: 0000-0001-9571-3887

²Sc.D, associate professor, National University "Lviv Polytechnic", Ukraine, orest.voznyak@i.ua ORCID:0000-0002-6431-088X

³PhD, associate professor, National University "Lviv Polytechnic", Ukraine, jurijjurkev@gmail.com ORCID:0000-0002-8869-7759

⁴PhD, associate professor, National University "Lviv Polytechnic", Ukraine, kristim81@ukr.net ORCID:0000-0002-6090-2298

Abstract. This paper presents the documentary part of the study of the effect of human physical activity on the microclimate of the premises. In gyms, ventilation requirements are higher than in conventional living quarters. Today, a lot of attention is paid to a healthy lifestyle. In cities where the environment is polluted with exhaust gases of vehicles, it is not recommended to go in for sports in urban parks. For this reason, a variety of simulators, including cycling, are used. When using simulators, indoor air quality deteriorates. The purpose of the study is to determine the amount of pollutants released in the room by means of experimental measurements and calculations, as well as determination of the required air exchange on the basis of the determined quantities. Such low quality of the internal environment can cause a decrease in human productivity, drowsiness, fatigue, and may also be the cause of various diseases. In this paper, an experimental measurement is documented, during which various motor activities of one person took place – sedentary administrative activity and exercise bike. Experimental measurements took place in two stages in winter. On the basis of the measured internal air parameters, the required airflow is calculated for both cases. Measured indoor air parameters (temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration) are documented in figure. Estimates can be used to select equipment for conditioning in gyms. On the basis of experimental measurements, we argue that the CO₂ concentration increases by 3.2 times in the case of a stationary exercise bike compared to sitting work. However, atmospheric air (m³ / year) – 5 times more.

Key words: rooms, motor activity, carbon dioxide, ventilation, flow rate.

Introduction. When designing ventilation in buildings, the designer is guided by standards and rules that provide, inter alia, the necessary air interchange indoors. One of these legislative acts in Slovakia is the Decree 210/2016 [1], which supplements and replaces Decree 259/2008 [2] on indoor requirements. In decree 210/2016 [1] for children and teens, the necessary microclimate parameters for training are also specified. It states that the temperature of the air must be at least 15 °C, the relative humidity of air from 30 to 70 %, and the frequency of air exchange of the room 5 h⁻¹. The average daily rate is often used in 24 hours. The quality of the exhaust air is considered satisfactory if, in its composition, it does not endanger the health or worsens the living conditions of people in or around the building. Circulation of ventilation air in a room should provide good ventilation of people's places of residence, reducing the concentration of pollutants to values below the maximum permissible concentrations [2].

This paper presents the documentary part of the study of the effect of human physical activity on the microclimate of the premises. For this purpose, experimental measurements were carried out indoors for various activities.

Problem. After replacing old windows with new dense windows due to lack of ventilation, room users may complain of increased fatigue, headaches, and the like. In the premises for gymnastics and other sports activities, it is necessary to

monitor the provision of proper air exchange.

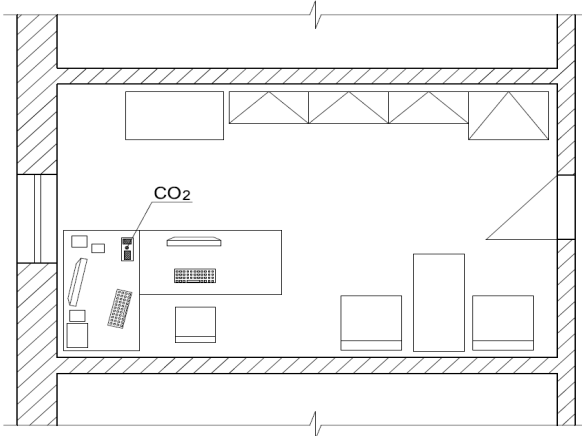
Aim of the work. The purpose of the study is to determine the amount of pollutants released in the room by means of experimental measurements and calculations, as well as determination of the required air exchange on the basis of the determined quantities.

Method. In order to determine the necessary air indoors, we can use theoretical knowledge to calculate the amount of air from the concentration of carbon dioxide, which we can determine experimentally [3, 4]. Measurements were made in an area of 19 m² and an internal volume of 52 m³ (fig. 1). TESTO 435-4 + Testo 0632 multifunction sensor was used to measure indoor air temperature (temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration). Technical parameters of the measuring device: measuring range from 0 °C to + 50 °C, sensitivity of the instrument ± 0,1 °C and the accuracy of the device ± 0,3 °C. The relative humidity range is 0 to + 100 % RH, the sensitivity of the instrument ± 0,1 % RH, and the accuracy of the device ± 1,8% RH. The CO₂ concentration range is from 0 to 10,000 ppm, the instrument's sensitivity is 1 ppm, and the accuracy of the instrument is ± 3 %. The operating temperature of the measuring device is from – 20 °C to + 50 °C. The device is located near to the centre of the occupied area at an altitude of 0.8 to 1 m.

Experimental measurements took place in two stages in winter. At the first stage in the room there

was one person who worked on a stationary exercise bike [5].

a



b

Fig. 1. Scheme of the experimental setup:
a – the experimental room; b – the exercise bike [5]

After the room was cleaned, a second stage of measurement was conducted, during which the same person was in a state of rest.

The amount of carbon dioxide was calculated according to the measurements of its concentration. Consequently, the necessary air exchange, which meets hygiene requirements, is calculated.

Results. Measured indoor air parameters (temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration) are documented in Fig. 2. From the measured indoor air temperature, it can be observed that the average air temperature is 22 °C. The average relative humidity was 33 %, which, according to Decree 210/2016 [1], is satisfactory. The concentration of carbon dioxide (CO₂) was 429 to 1 094 ppm, which is also permissible.

With the increase and decrease in CO₂ concentration, we can observe certain actions that are performed indoors.

As the CO₂ concentration, documented in Fig. 2, can be observed:

- from 9:54 to 10:54, the CO₂ concentration increased from 415 to 1 094 ppm. An increase in the concentration of CO₂ 11.32 ppm/min was caused

by work on the bike. At approximately 10:36, there is a slight interruption in the increase in CO₂ concentration due to acceleration of the bike from 17 km/h to 25 km/h.

- from 11:48 to 14:48, the CO₂ concentration increased from 425 to 1054 ppm. Change in the concentration of CO₂ at 3.49 ppm/min caused by changes in human physical activity.

Changing the concentration of CO₂ shows that when working on the simulator, the concentration of CO₂ changes 3.2 times faster than when sitting.

Based on the methodology for determining the volume flow of air on the basis of experimental measurements [6-9], a mass flow of CO₂ was expected. The calculation is made during a time interval of continuous increase of CO₂ concentration, during the stay of occupants in the room. The process is quantified below:

$$C_{IDA}(t) = q_m n V e^{-nt} + C_{SUP} + (C_{IDA(0)} - C_{SUP}) e^{-nt} \text{ [mg/m}^3\text{]}, \quad (1)$$

where q_m – CO₂ mass flow rate [mg/s]; n – ventilation rate from infiltration [s⁻¹]; V is room volume [m³]; C_{SUP} – outdoor air CO₂ concentration [mg/m³]; $C_{IDA(0)}$ – CO₂ concentration in the room at the beginning of its increase at $t=0$ [mg/m³]; $C_{IDA(t)}$ is CO₂ concentration [mg/m³] in the room after the time interval t [s] of continuous increase.

Then, a volumetric flow of fresh air was required to provide the required air quality. When the CO₂ mass flow rate q_m [mg/s] released by occupants is known, the total outdoor air volume flow rate needed to ensure a healthy indoor climate in the room is

$$q_v = q_m (C_{IDA} - C_{SUP}) \text{ [m}^3\text{/s]}, \quad (2)$$

where C_{IDA} is indoor CO₂ concentration [mg/m³].

From the results presented in Table 1, it can be argued that while sitting, 33 m³/h of fresh air is required to provide the necessary air quality (the recommended maximum CO₂ concentration should be 1000 ppm), while training requires 30-40 % more.

Conclusion. On the basis of experimental measurements, we argue that the CO₂ concentration increases by 3.2 times in the case of a stationary exercise bike compared to sitting work. However, atmospheric air (m³/year) – 5 times more. These calculation values are considered only for one person who participated in experimental measurements.

Acknowledgement. This article was elaborated in the framework of the project VEGA

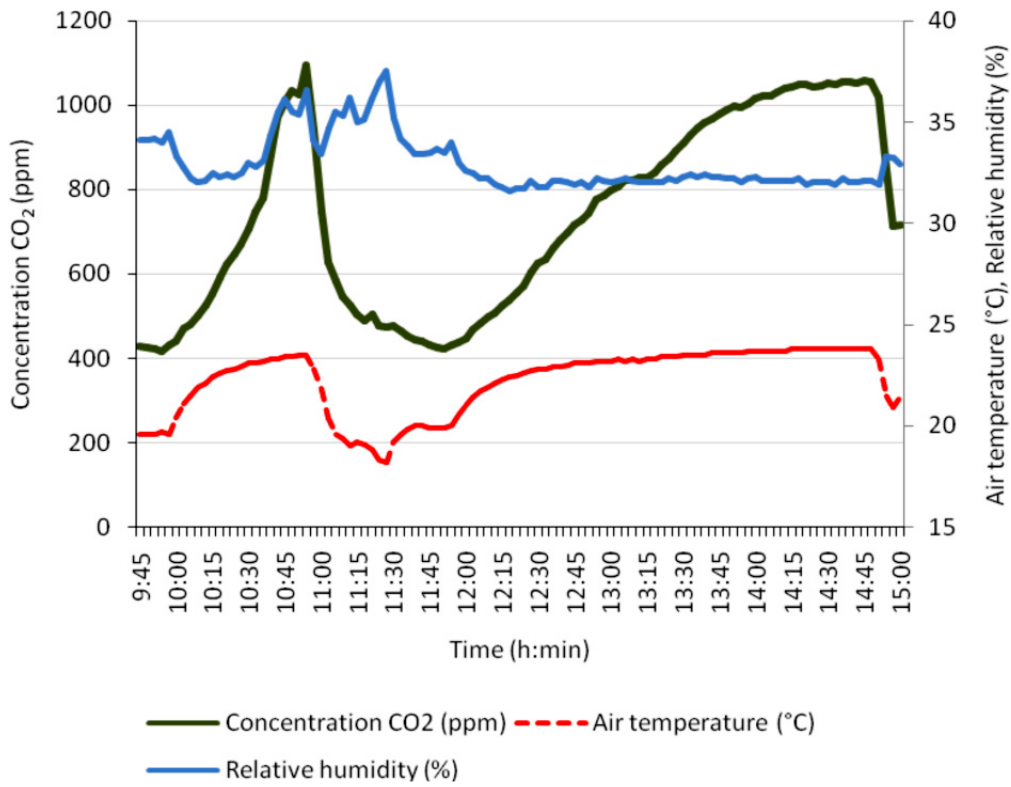


Fig. 2. Measurement of air indoors

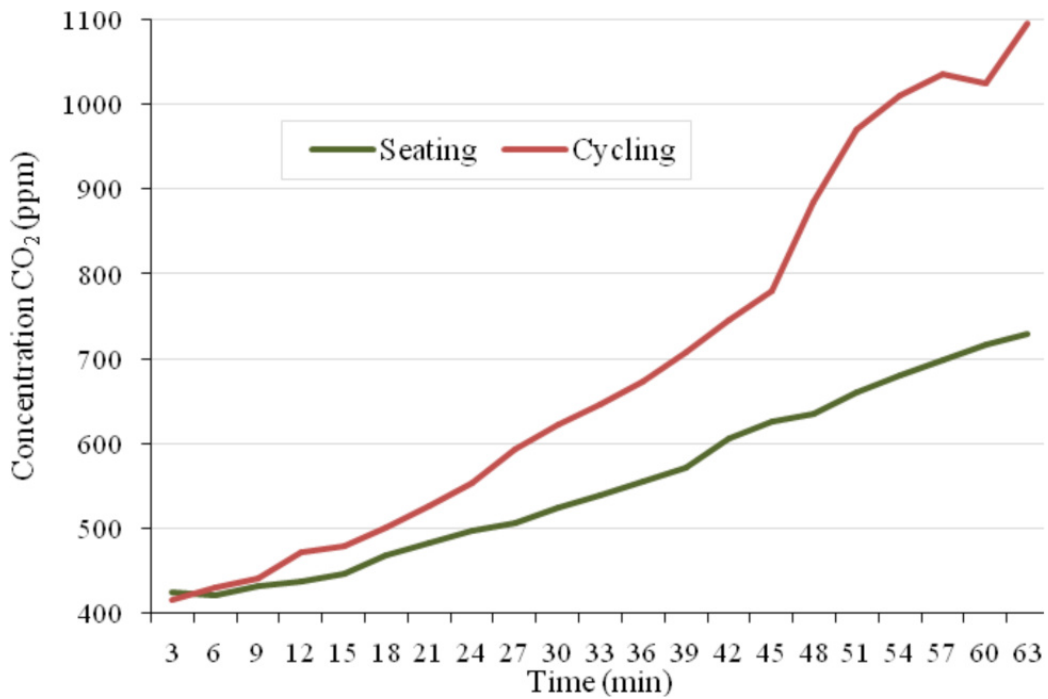


Fig. 3. Change in CO₂ concentration

Table 1

Physical activity of a person	Estimated air exchange		
	Speed [km/h]	Mass flow of CO ₂ [mg/s]	Air exchange [m ³ /h]
Work on a stationary exercise bike	17	12	43
	25	48	166
Seated administrative activity	0	9	33

References

1. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky číslo 210/2016 Z. z. z 30. mája 2016, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky číslo 259/2008 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia.
2. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky číslo 259/2008 Z. z. z 18. júna 2008 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia.
3. Kapalo P. *Intenzita vetrania v budovách - teoretická a experimentálna analýza*. TU v Košiciach, Stavebná fakulta, Košice 2014. ISBN 978-80-553-1874-5
4. Kapalo P., Voznyak O., Yurkevych Y., Myroniuk K., Sukholova I. "Ensuring comfort microclimate in the classrooms under condition of the required air exchange." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5, Iss. 10, 2018, P. 6-14.
5. Kettler. Technické parametre cyklotrenažéra. Kettler Racer GT HKS Selection. Model 2008. Dostupné na: <https://www.cardiofitness.de/191c621/Kettler-Racer-GT-HKS-Selection.htm>
6. Kapalo P., Domnita F., Bacotiu C. and Podolák M. "The influence of occupants' body mass on carbon dioxide mass flow rate inside a university classroom - case study." *International Journal of Environmental Health Research*. 2018 . Vol. 28, no. 4. P. 432-447.
7. Kapalo P., Voznyak O. T. "Experimental measurements of a carbon dioxide concentration for determining of a ventilation intensity in a room at pulsing mode." *Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury*, T. XXXII, zeszyt 62 (nr 4/2015). P.2 01 – 210.
8. Kapalo P., Vilcekova S., Voznyak O. "Using experimental measurements the concentrations of carbon dioxide for determining the intensity of ventilation in the rooms." *Chemical Engineering Transactions*. Vol. 39, 2014. P.1789 - 1794.
9. Kapalo P., Vilceková S., Domnita F., Voznyak O. "Determine a methodology for calculating the needed fresh air ." *The 9th International Conference "Environmental Engineering" 22–23 May 2014, Vilnius, Lithuania*. Selected papers. eISSN 2029-7092 / eISBN 978-609-457-640-9 Section: Energy for Buildings.

УДК 620.97:697.329

Обеспечение воздухообмена помещения для гимнастики

П. Капало¹, О. Т. Возняк², Ю.С. Юркевич³, Х. В. Миронюк⁴

¹к.т.н., доц. Кошицкий Технический университет, Словакия, peter.kapalo@tuke.sk ORCID: 0000-0001-9571-3887

²д.т.н., доц. Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов, Украина, orest.voznyak@i.ua ORCID:0000-0002-6431-088X

³к.т.н., доц. Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов Украина, jurijjurkev@gmail.com ORCID:0000-0002-8869-7759

⁴к.т.н., доц. Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов Украина, kristim81@ukr.net ORCID:0000-0002-6090-2298

Аннотация. В спортивных залах требования к вентиляции выше, чем в обычных жилых помещениях. Сегодня большое внимание уделяется здоровому образу жизни. В городах, где окружающая среда загрязнена выхлопными газами транспортных средств, не рекомендуется заниматься спортом в городских парках. По этой причине используются различные тренажеры, в том числе велосипедные. При использовании тренажеров качество воздуха в помещении ухудшается. Целью исследования является определение количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в помещение с помощью экспериментальных исследований и расчетов, а также определение необходимого воздухообмена на основе определенных количеств. Низкое качество внутренней среды может привести к снижению производительности человека, сонливости, усталости, а также может быть причиной различных заболеваний. В этой статье приведены результаты экспериментального исследования, в ходе которого имели место различные двигательные действия одного человека — сидячая административная деятельность и велосипедный тренажер. Зимой экспериментальные исследования проводились в два этапа. На основании измеренных параметров внутреннего воздуха требуемый поток воздуха рассчитывается для обоих случаев. Оценки могут быть использованы для выбора оборудования для кондиционирования воздуха спортивных залов. На основании экспериментальных измерений показано, что концентрация CO₂ увеличивается в 3,2 раза в случае стационарного велосипедного тренажера по сравнению с работой сидя. Однако при этом требуется - в 5 раз больше наружного воздуха.

Ключевые слова: комнаты, моторная активность, углекислый газ, вентиляция, скорость потока

UDC 620.97:697.329

Забезпечення повітрообміну приміщення для гімнастики

П. Капало¹, О. Т. Возняк², Ю.С. Юркевич³, Х. В. Миронюк⁴

¹к.т.н., доцент. Кошицький Технічний університет, Словачія, peter.kapalo@tuke.sk ORCID: 0000-0001-9571-3887

²д.т.н., доцент. Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна, orest.voznyak@i.ua
ORCID:0000-0002-6431-088X

³к.т.н., доцент. Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів Україна, jurijjurkev@gmail.com
ORCID:0000-0002-8869-7759

⁴к.т.н., доцент. Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів Україна, kristim81@ukr.net
ORCID:0000-0002-6090-2298

***Анотація.** У спортивних залах вимоги до вентиляції вищі, ніж у звичайних житлових приміщеннях. Сьогодні велика увага приділяється здоровому способу життя. У містах, де навколишнє середовище забруднене вихлопними газами транспортних засобів, не рекомендується займатися спортом в міських парках. З цієї причини використовуються різні тренажери, у тому числі велосипедні. При використанні тренажерів якість повітря в приміщенні погіршується. Особливо це стосується приміщень, у яких встановлено герметичні пластикові вікна і відсутня адекватна вентиляція. Низька якість внутрішнього середовища може привести до зниження продуктивності людини, сонливості, втоми, а також може бути причиною різних захворювань. Метою дослідження є визначення кількості забруднювальних речовин, що викидаються в приміщення, за допомогою експериментальних досліджень і розрахунків, а також визначення необхідного повітрообміну. Вимірювалися температура, відносна вологість повітря та концентрація вуглекислого газу в приміщенні. Основною умовою є не перевищення гранично допустимої концентрації вуглекислого газу – 10000 ppm. У цій статті наведені результати експериментального дослідження, в ході якого мали місце різні рухові дії однієї людини – адміністративна діяльність сидячи і вело-тренажер. Взимку експериментальні вимірювання проводилися у два етапи. На підставі вимірних параметрів внутрішнього повітря необхідна витрата повітря розраховується для обох випадків. Отримані результати можуть бути використані для вибору обладнання для кондиціонування повітря спортивних залів. На підставі експериментальних досліджень отримано, що концентрація CO₂ збільшується в 3,2 рази в разі стаціонарного вело-тренажера порівняно з роботою сидячи. При цьому вимагається у 5 разів більше зовнішнього повітря. Ці розрахункові значення отримані тільки для однієї людини, яка брала участь в експериментальних дослідженнях.*

Ключові слова: кімнати, моторна активність, вуглекислий газ, вентиляція, швидкість потоку

Надійшла до редакції / Received 08.04.2019.