

Д. В. Резнік¹, О. О. Ченчева¹, Є. Є. Лашко¹, І. С. Петренко¹, Д. С. Гаврилець²

¹ Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

² Вище професійне училище № 7, Кременчук, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРИМІЩЕННЯХ ЗАКЛАДІВ ПЕРЕДВИЩОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ (ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ) ОСВІТИ

Анотація. Мета. Дослідження динаміки респірабельної фракції пилу ($PM_{2.5}$ та PM_{10}) та аналіз її впливу на здоров'я учнів в навчальних аудиторіях і виробничих майстернях закладів передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти м. Кременчук. **Методика.** Дослідження якості повітря у навчальних приміщеннях здійснювалося на основі емпіричного методу під час натурного експерименту, статистичного аналізу отриманих даних та апроксимації результатів. **Результати.** Дослідження показало, що концентрація респірабельної фракції пилу ($PM_{2.5}$, PM_{10}) у навчальних майстернях значно варіюється залежно від типу приміщення та виконуваних робіт. Концентрація пилу змінюється протягом дня: вона зростає на початку занять, знижується під час перерв і суттєво підвищується під час активної роботи. На робочих місцях, які досліджувалися, зафіксовано перевищення пилового навантаження, а найбільший рівень запиленості зафіксовано на робочому місці зварювальника. Оцінка вентиляційних систем показала, що швидкість руху повітря під час занять збільшилася у 5–15 разів, що свідчить про ефективність їх роботи, особливо на робочому місці зварювальника. Дослідження показали, що для покращення рівня пилового забруднення в робочій зоні необхідно вдосконалити та автоматизувати системи вентиляції й аспірації, а також впровадити використання засобів індивідуального захисту. **Наукова новизна.** Проведені дослідження вперше враховують реальні умови навчально-виробничого процесу у закладах фахової передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти. Запропоновано комплексний підхід до аналізу якості повітря, що включає моніторинг забруднення ($PM_{2.5}$, PM_{10} , виявлення закономірностей зміни концентрації пилу залежно від етапів навчання, математичний опис динаміки забруднення та оцінку ефективності вентиляційних систем. Отримані результати можуть стати основою для вдосконалення заходів контролю якості повітря в навчальних майстернях та розробки нормативних актів, що забезпечать безпеку освітнього процесу. **Практична цінність.** Результати дослідження дозволяють: оптимізувати вентиляційні системи шляхом визначення необхідної швидкості повітряного потоку на основі реальних даних про концентрацію забруднюючих речовин у повітрі навчально-виробничих майстерень; розробити адаптивні системи фільтрації повітря для зниження рівня респірабельної фракції пилу в виробничих приміщеннях; обґрунтувати необхідність систематичного моніторингу повітряного середовища в навчальних майстернях, зокрема з використанням сучасних технологій (бездротові сенсорні модулі); запровадити заходи захисту для учнів вікової категорії 14–19 років, які є найбільш чутливими до впливу виробничого пилу. Застосування отриманих результатів сприятиме підвищенню рівня безпеки навчального процесу, зниженню професійних ризиків для учнів та покращенню умов праці в навчальних майстернях.

Ключові слова: респірабельна фракція пилу, навчальні майстерні, концентрація пилу, динаміка запилення, вентиляційна система.

Вступ

Здоров'я людини значною мірою залежить від якості повітря, яким вона дихає. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 90% світового населення дихає забрудненим повітрям, в якому перевищені допустимі норми [1].

Однією з найбільш вразливих груп населення є молодь у віці 14–19 років, яка перебуває у процесі активного фізіологічного розвитку та водночас стикається з високими інтелектуальними навантаженнями під час навчання. В умовах забрудненого повітря у навчально-виробничих приміщеннях значно знижується когнітивна активність, підвищується ризик розвитку респіраторних захворювань, таких як бронхіальна астма, хронічний бронхіт та алергічні реакції. Наявність у повітрі таких шкідливих речовин, як респірабельних фракцій пилу ($PM_{2.5}$, PM_{10}), діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2), чадний газ (CO) та сірководень (H_2S), створює загрозу не лише для загального самопочуття, а й для довгострокового здоров'я молодих людей [1].

Зважаючи на це, важливим є дослідження якості повітря у навчальних закладах, особливо у майстернях та аудиторіях, де використовується технічне обладнання та матеріали, що можуть

сприяти забрудненню повітряного середовища. У місті Кременчук, яке має розвинену систему закладів передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти та готує спеціалістів з технічних робітничих спеціальностей, необхідно приділяти особливу увагу моніторингу та покращенню умов навчання, рис. 1. Впровадження ефективних систем вентиляції та фільтрації повітря дозволить знизити рівень забруднення та забезпечити комфортне перебування учнів і викладачів у навчальних приміщеннях.

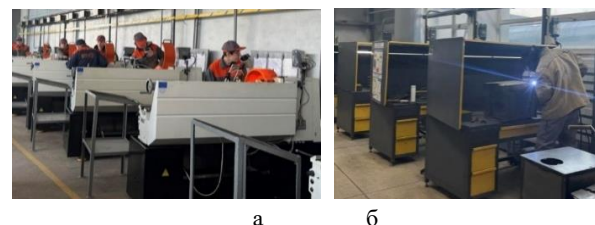


Рис. 1. Навчально-виробничі майстерні м. Кременчука

Метою дослідження є визначення концентрацій виробничого пилу респірабельної фракції ($PM_{2.5}$, PM_{10}) та шкідливих газів (NO_2 , SO_2 , CO , H_2S) в навчальних аудиторіях і виробничих майстернях закладів передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти м. Кременчука.

Постановка завдання та його вирішення

В Україні відсутній єдиний нормативний документ, який би чітко регламентував вимоги до якості повітря у навчально-виробничих приміщеннях закладів передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти. Це створює правову прогалину, що може негативно впливати на здоров'я підлітків у віці 15-19 років, які навчаються за технічними спеціальностями та проходять практичне навчання у токарних, фрезерних та зварювальних майстернях.

Натомість для закладів загальної середньої освіти діє Санітарний регламент [2], який встановлює вимоги до мікроклімату, вентиляції та провітрювання класних кімнат. Подібні вимоги прописані й для дошкільних навчальних закладів у Санітарному регламенті для дошкільних навчальних закладів [3]. Проте, жоден з цих документів не містить норм щодо концентрацій пилу чи хімічного складу повітря в приміщеннях, що використовуються для навчально-виробничої діяльності. Крім того, Наказ Міністерства освіти і науки України № 510 [4], регламентує організацію освітнього процесу в закладах фахової передвищої освіти, включаючи питання практичної

підготовки. Однак цей документ також не містить конкретних вимог до якості повітря в навчально-виробничих приміщеннях.

Нормативна база України у сфері виробничої діяльності, регламентує гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Так [5] встановлює вимоги до безпеки роботи з металами, включаючи параметри вентиляції та концентрації забруднюючих речовин. Проте цей документ призначений для промислових підприємств і не враховує особливостей освітнього процесу.

Європейське законодавство містить нормативи, що регулюють якість атмосферного повітря [6]. В цій директиві встановлено граничні значення для $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 та SO_2 у зовнішньому середовищі. Однак ці вимоги не стосуються повітря всередині приміщень, включаючи навчальні майстерні. Тобто, навіть у країнах ЄС відсутні окремі нормативи, які б регламентували стан повітря у навчально-виробничих приміщеннях передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти.

ВООЗ надає рекомендації щодо якості повітря у приміщеннях, встановлюючи допустимі рівні концентрації пилу та інших забруднювачів [1], табл. 1.

Таблиця 1 – Нормативні показники забруднюючих речовин у повітрі та їх вплив на людину

Показник	Допустимі рівні концентрації у повітрі	Наслідки перевищення концентрацій забруднюючих речовин
$PM_{2.5}$	Річне середнє значення не повинно перевищувати 5 $мкг/м^3$, середньодобове значення – 15 $мкг/м^3$	Підвищений ризик серцево-судинних та респіраторних захворювань
PM_{10}	Річне середнє значення не повинно перевищувати 15 $мкг/м^3$, середньодобове – 45 $мкг/м^3$	Виникнення респіраторних хвороб, посилення астматичних симптомів
NO_2	Річне середнє значення обмежене 10 $мкг/м^3$, а максимальна погодинна концентрація – 200 $мкг/м^3$ (не більше 18 перевищень на рік)	Подразнення дихальних шляхів, сприяння утворенню озону та вторинних аерозолів, негативний вплив на легеневу функцію
SO_2	Максимальна погодинна концентрація – 40 $мкг/м^3$, середньодобове значення – 20 $мкг/м^3$	Погіршення стану здоров'я людей, особливо астматиків та осіб із захворюваннями дихальної системи
CO	Максимальне 8-годинне середнє значення – 4 $мг/м^3$	Отруєння організму, зменшення здатності крові транспортувати кисень, що може призвести до серйозних неврологічних та серцево-судинних наслідків
H_2S	Граничне середньодобове значення ≤ 7 $мкг/м^3$	Токсична дія на нервову систему

Отже, відсутність нормативного документа, що регулює якість повітря у навчально-виробничих приміщеннях закладів передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти, є суттєвою проблемою, яка може негативно впливати на здоров'я учнів. Запровадження чітких норм сприятиме створенню безпечних умов праці та навчання, зменшенню впливу шкідливих факторів і підвищенню загального комфорту освітнього процесу.

Особливу увагу слід приділити віковій категорії 14–19 років, оскільки в цей період відбувається активний ріст і формування організму, а вплив забрудненого повітря, зокрема виробничого пилу, може мати довгострокові наслідки для здоров'я.

Важливим є системний моніторинг якості повітря та розробка спеціальних заходів безпеки, спрямованих на захист учнів.

Оптимальним рішенням є розроблення уніфікованого нормативного документа, який поєднав би

сучасні санітарні стандарти ВООЗ, норми промислової безпеки та найкращі практики ЄС щодо якості повітря у приміщеннях, забезпечуючи належний рівень охорони здоров'я та безпеки для всіх учасників навчального процесу.

Результати дослідження

Матеріально-технічна база закладів фахової передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти Кременчука забезпечує учням доступ до технічного обладнання та засобів, які відповідають вимогам сучасного виробництва.

В навчальних аудиторіях та майстернях використовуються верстати, комп'ютери, 3D-принтери та електротехнічне обладнання.

Це, все дозволяє учням отримувати практичні навички для роботи на підприємствах регіону та України, однак одночасно важливим є забезпечення безпечних умов навчання.

Важливо під час проведення занять в аудиторіях та навчально-виробничих майстернях застосовувати адаптивні системи вентиляції та фільтрації повітря. Це пов'язано з тим, що обробляються різноманітні матеріали, застосовуються мастила й охолоджуючі рідини можуть призвести до зміни якісних показників повітря. У випадку, коли вентиляційна система не здатна вчасно видаляти виробничий пил повітря, накопичення респірабельних фракцій пилу може стати потенційною небезпекою для здоров'я учнів.

Дослідження повітря у закладах фахової передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти здійснювалося на базі приміщень ВПУ 7, що містить усі типи виробничих майстерень та обладнання. З метою отримання достовірних даних, у кожному приміщенні проводилося серія вимірів параметрів повітряного простору, результати яких оброблялися з використання сучасних програмних продуктів.

Дослідження якості повітря в навчальних приміщеннях закладів освіти здійснювався за допомогою модулю Vaisala AQT530, який дозволяє аналізувати рівні забруднення повітря, таких як $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , CO , H_2S , SO_2 .

Модуль AQT530 поєднує електрохімічні сенсори для аналізу газових забруднювачів (NO_2 , CO , H_2S , SO_2) та оптичний метод розсіювання світла для визначення концентрації твердих частинок ($PM_{2.5}$, PM_{10}). Електрохімічні сенсори реагують на гази шляхом окисно-відновних процесів, створюючи

електричний сигнал, який точно відображає концентрацію забруднюючих речовин. Для аналізу твердих частинок використовується лазерна спектроскопія: частинки в потоці повітря розсіюють світло, а фотодетектори аналізують його інтенсивність, що дозволяє класифікувати частинки за розміром. Основними перевагами модулю AQT530 є – автоматична температурна компенсація, корекція перехресної чутливості, цифровий вихід для інтеграції та низьке енергоспоживання. Модуль підтримує передачу даних через бездротові технології (Wi-Fi, Ethernet, GSM), а також дозволяє відображати дані в реальному часі на інтерактивному інтерфейсі та зберігати їх для подальшого аналізу.

План досліджень був складений таким чином, щоб зафіксувати початковий рівень показників якості повітряного середовища до занять та протягом навчального дня, навчального тижня.

Використовуючи можливості модулю Vaisala AQT530 здійснено аналіз хімічного та пилового складу повітря в процесі занять.

За результатами дослідження, протягом робочого часу, у майстернях не було виявлено перевищення концентрацій NO_2 , SO_2 , CO та H_2S , табл. 2. Показники повітря за хімічним складом відповідають вимогам національних і міжнародних стандартів для такого типу приміщень [1, 6]. Це стосується як фонові рівня забруднення перед початком занять, так і складу повітря під час самих занять.

Таблиця 2 – Середні показники хімічного забруднення повітря на робочих місцях у навчально-виробничих майстернях протягом робочого часу

Робоче місце:	фрезерувальника				токаря				зварювальника				електромонтера			
Показник	NO_2	SO_2	CO	H_2S	NO_2	SO_2	CO	H_2S	NO_2	SO_2	CO	H_2S	NO_2	SO_2	CO	H_2S
Середнє знач. за робочий час, мкг/м ³	2,7	9,3	650	1,7	2,6	8,8	783	1,8	4,2	10,5	1039	3,5	1,8	6,7	578	1,1

Основними джерелами хімічного забруднення повітря (NO_2 , SO_2 , CO та H_2S), є різноманітні антропогенні та природні фактори.

Викиди цих забруднювачів зумовлені діяльністю транспорту, промислових підприємств, спалюванням викопних видів палива, а також природними процесами, такими як розкладання органічних матеріалів.

Такі процеси в навчально-виробничих майстернях м. Кременчука не здійснюються.

Дослідження показників пилу здійснювалися у тих же самих навчально-виробничих майстернях в яких проводився аналіз хімічного забруднення повітряного середовища. За результатами побудовані залежності зміни концентрації пилу на робочих місцях у відповідних майстернях протягом навчального тижня, рис. 2.

Аналіз отриманих закономірностей динаміки зміни концентрації респірабельних фракцій пилу ($PM_{2.5}$ та PM_{10}) корегувався в залежності від графіку навчального процесу, а саме навчання та відпочинку.

Таким чином, на рис. 2, а-г, спостерігається коливання концентрацій, а саме:

– з 8.50 до 9.45 – початкове зростання концентрації частинок, коли учні приходять на заняття, переодягаються та розташовуються за партами для проведення теоретичної підготовки до практичних занять;

– з 9.45 до 10.00 – триває перерва, тому концентрація пилу спадає;

– з 10.00 до 13.30 – спостерігається активна робота у майстернях, коли застосовуються технологічне обладнання.

Кожне робоче місце учня характеризується відповідними значеннями максимуми та мінімуми наявності пилу, табл. 3.

Так у певні періоди робочого дня спостерігаються просадки концентрації частинок пилу, що свідчить про наявність перерв у роботі учнів та активну роботу вентиляційних установок.

Крім того, у табл. 3 наведено отримане середньодобове значення концентрації респірабельних фракцій пилу. Аналіз результатів дослідження концентрацій пилу на робочих місцях виявив, що найбільший рівень запиленості спостерігається на робочому місці зварювальника.

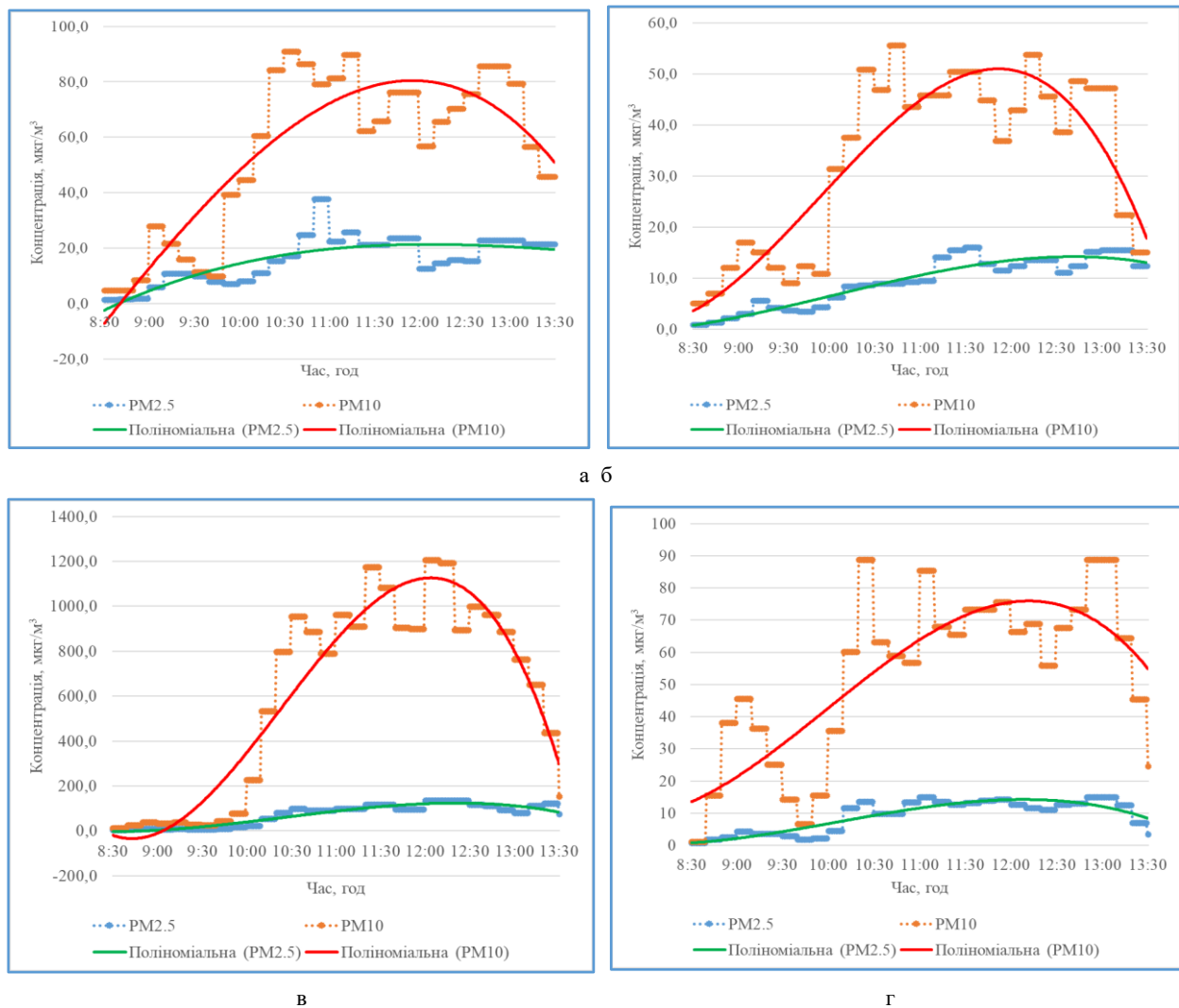


Рис. 2. Концентрації респірабельних фракцій пилу та їх апроксимація в залежності від типу робочого місця:
а – робоче місце фрезерувальника; б – робоче місце токаря;
в – робоче місце зварювальника; г – робоче місце електромонтера

Таблиця 3 – Зведені значення дослідження концентрації респірабельних фракцій пилу (PM_{2.5} та PM₁₀)

Робоче місце	PM _{2.5}			PM ₁₀		
	min, мкг/м³	max, мкг/м³	середньодобове значення, мкг/м³	min, мкг/м³	max, мкг/м³	середньодобове значення, мкг/м³
Фрезерувальника	1,3	37,7	4,4	4,7	90,9	15,3
Токаря	0,9	16,0	3,8	5,0	55,6	12,9
Зварювальника	2,6	134,5	16,9	12,0	1205,3	137,4
Електромонтера	0,8	14,9	2,7	1,0	88,8	12,1

Зокрема, середньодобова концентрація пилу за PM_{2.5} перевищує встановлені нормативи в 1,1рази, досягаючи значення 16,9 мкг/м³, а за PM₁₀ перевищення у три рази і становить 137,4 мкг/м³.

Інші робочі місця характеризуються меншою запиленістю, однак на них відзначаються випадки, коли миттєві значення концентрацій пилу перевищують середньодобові норми. Використовуючи математичні пакети виконано апроксимацію та отримано матема-

тичний опис зміни концентрації респірабельних фракцій пилу протягом заняття на робочих місцях.

У загальному вигляді зміну концентрації PM_{2.5} та PM₁₀ можна описати полігармонійною залежністю третього порядку:

$$PM_{2.5(10)} = a + b \cdot t + c \cdot t^2 + d \cdot t^3, \quad (1)$$

Коефіцієнти виразу, а також коефіцієнти детермінації й кореляції занесені до табл. 4.

Таблиця 4 – Зведена таблиця коефіцієнтів рівняння зміни концентрації респірабельних фракцій пилу (PM_{2.5} та PM₁₀)

Робоче місце	Розмір респірабельних фракцій пилу	Коефіцієнти рівняння				Коеф. детермінації R ² , %	Коеф. кореляції R, %
		a	b	c	d		
Фрезерувальника	PM _{2.5}	-2,662	0,259	-9*10 ⁻⁴	8*10 ⁻⁷	62,5	79,1
	PM ₁₀	-7,862	0,684	-4*10 ⁻⁴	-4*10 ⁻⁶	76,1	87,2
Токаря	PM _{2.5}	0,707	0,047	3*10 ⁻⁴	-9*10 ⁻⁷	88,6	94,1
	PM ₁₀	3,420	0,156	1,9*10 ⁻³	-8*10 ⁻⁶	78,3	88,5
Зварювальника	PM _{2.5}	-3,12	-0,019	7,2*10 ⁻³	-2*10 ⁻⁵	88,8	94,2
	PM ₁₀	-17,535	-2,529	0,098	-3*10 ⁻⁴	90,6	95,2
Електромонтера	PM _{2.5}	0,725	0,031	0,001	-2*10 ⁻⁶	79,9	89,4
	PM ₁₀	13,324	0,206	0,002	-7*10 ⁻⁶	63,8	79,8

Так, коефіцієнти детермінації й кореляції мають відносно велику розбіжність, що можна пояснити високою варіантністю даних та різними режимами роботи в майстернях.

З метою оцінки роботи системи вентиляції було досліджено швидкість руху повітря на найбільш запилені робочі місця. Дослідження виконувалися у два етапи, а саме до початку занять і під час навчання.

Вимірювання швидкості повітря здійснювалося за допомогою анемометра GM8903, який здатний фіксувати швидкість повітря в діапазоні 0,001 – 45 м/с та має похибку $\pm 3\%$. Отримані результати занесені до табл. 5.

Таблиця 5 – Дослідження швидкості руху повітря у приміщеннях виробничих майстерень

Робоче місце	Швидкість повітря, м/с	
	перед заняттям	під час заняття
Фрезерувальник	0,027	0,15
Токаря	0,036	0,18
Зварювальника	0,03	0,45
Електромонтера	0,019	0,22

На рис. 3 наведено результати вимірів протягом 100 с на робочому місці зварювальника.

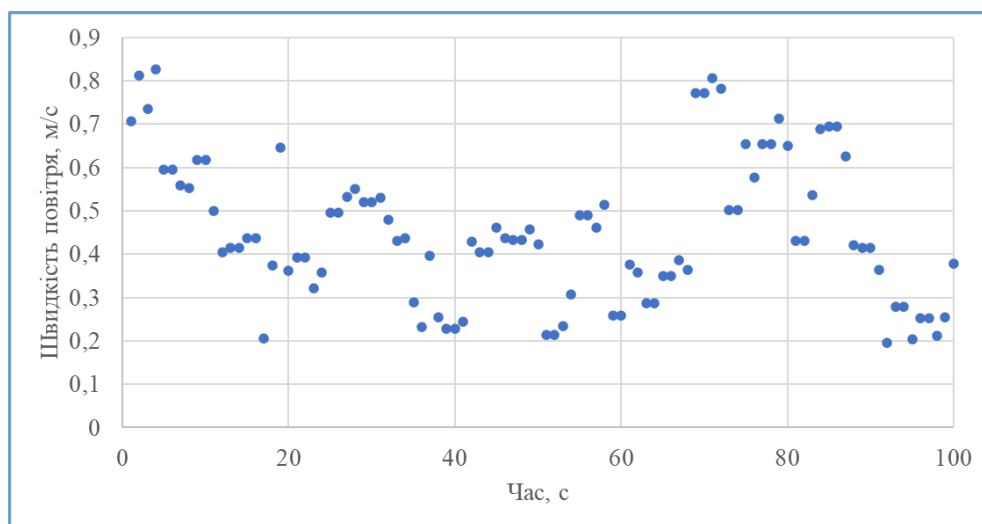


Рис. 3. Вибірка зміни швидкості повітря на робочому місці зварювальника

Аналізуючи отримані результати за табл. 4, очевидно, що швидкість руху повітря під час занять змінюється на усіх робочих місцях порівняно з початковими умовами.

Найменше зростання спостерігається на робочому місці фрезерувальника (з 0,027 м/с до 0,15 м/с) та токаря (з 0,036 м/с до 0,18 м/с), що обумовлено відносною статичністю виконуваних операцій. Найбільша динаміка прослідковується на робочому місці зварювальника (з 0,03 м/с до 0,45 м/с).

Зміни у швидкості повітря пов'язані з режимами роботи системи вентиляції, рухом частин технологічного обладнання та людей, які створюють конвекційні потоки, що підвищують швидкість руху повітря.

Найбільші рівні руху повітря відбувається в майстерні зварювальників та електромонтерів, що пов'язано з потребою виведення шкідливих газів та продуктів технологічних процесів з повітряного простору виробничих майстерень.

Загалом отримані результати виміру швидкості повітря відповідають нормативним актам.

Висновки

За результатами дослідження показників якості повітря у навчальних майстернях закладів передвищої та професійної (професійно-технічної) освіти м. Кременчук встановлено, що концентрація респірабельних фракцій пилу ($PM_{2.5}$ та PM_{10}) значно варіюється залежно від виду навчального приміщення та характеру виконуваних робіт. Найбільший рівень запиленості виявлено на робочому місці зварювальника:

– середньодобове значення $PM_{2.5}$ становить 16,9 мкг/м³,

– середньодобове значення PM_{10} – 137,4 мкг/м³, що перевищує встановлені норми [1].

Дослідження показало, що на робочих місцях токаря, фрезерувальника й електромонтера також спостерігається підвищення показників виробничого пилу респірабельної фракції.

Динаміка зміни концентрації твердих часток свідчить про зростання концентрацій виробничого пилу на початку занять, зниження під час перерв та значне підвищення під час активної роботи учнів. Оцінка роботи вентиляційних систем показала, що швидкість руху повітря під час занять зросла у 5–15 разів порівняно з початковими значеннями. Найбільший приріст зафіксовано на робочому місці зварювальника – з 0,03 м/с до 0,45 м/с (збільшення у 15 разів), що свідчить про ефективність вентиляції у видаленні шкідливих часток та газів.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальшого вдосконалення вентиляційних систем, розробки заходів із зниження запиленості робочої зони учня. Запровадження превентивних заходів з унормування показників повітряного середовища та використання сучасних і ефективних засобів індивідуального захисту органів дихання дозволить зменшити негативний вплив перевищених показників якості повітря виробничих майстерень на здоров'я учнів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. WHO Air Quality Guidelines, 2021.
2. Про затвердження Санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти : наказ Міністерства охорони здоров'я України № 2205 від 25.09.202 р. URL: <https://surl.li/spwxvxy>
3. Про затвердження Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів : наказ Міністерства охорони здоров'я України № 234 від 24.03.2016 р. URL: <https://surl.li/diknmr>
4. Про затвердження Типового положення про організацію освітнього процесу в закладах фахової передвищої освіти та Положення про практичну підготовку здобувачів фахової передвищої освіти : наказ Міністерства освіти і науки України № 510 від 02.05.2023 р. URL: <https://surl.li/aohqck>
5. Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 749 від 16.10.213 р. URL: <https://surl.li/kyvpiv>
6. Директива (ЄС) 2024/2881 Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2024 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. URL: <https://surl.li/brpccq>

Received (Надійшла) 08.01.2025

Accepted for publication (Прийнята до друку) 05.03.2025

Research of the state of the air environment in the premises of primary and vocational (vocation-technical) education institutions

Dmytro Riezniak, Olga Chenchewa, Yevhenii Lashko, Ivan Petrenko, Dmytro Havrylets

Abstract. Purpose. Study of the dynamics of the respirable fraction of dust ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) and analysis of its impact on the health of students in classrooms and training workshops of institutions of higher and vocational education in the city of Kremenchuk. **Method.** The study of air quality in educational premises was carried out on the basis of the empirical method during a field experiment, statistical analysis of the obtained data and approximation of the results. **The results.** The study showed that the concentration of the respirable fraction of dust ($PM_{2.5}$, PM_{10}) in training workshops varies significantly depending on the type of premises and the work performed. The concentration of dust changes during the day: it increases at the beginning of classes, decreases during breaks, and increases significantly during active work. Exceeding the dust load was recorded at the investigated workplaces, and the highest dust level from the purpose of the article was recorded at the welder's workplace. The assessment of ventilation systems showed that the speed of air movement during classes increased by 5-15 times, which indicates the efficiency of their work, especially at the welder's workplace. Studies have shown that in order to improve the level of dust pollution in the working area, it is necessary to improve and automate ventilation and aspiration systems, as well as to implement the use of personal protective equipment. **Scientific novelty.** For the first time, the conducted research takes into account the real conditions of the educational and production process in institutions of higher and vocational education. A comprehensive approach to air quality analysis is proposed, which includes pollution monitoring ($PM_{2.5}$, PM_{10}), detection of patterns of changes in dust concentration depending on the stages of training process, mathematical description of pollution dynamics, and evaluation of the efficiency of ventilation systems. The obtained results can become the basis for improving air quality control measures in educational workshops and developing regulations that will ensure the safety of the educational process. **Practical value.** The results of the research allow: to optimize ventilation systems by determining the required speed of air flow based on real data on the concentration of pollutants in the air of educational and production workshops; develop adaptive air filtration systems to reduce the level of the respirable fraction of dust in production facilities; justify the need for systematic monitoring of the air environment in training workshops, in particular using modern technologies (wireless sensor modules); introduce protective measures for students aged 14-19, who are most sensitive to industrial dust exposure. The application of the obtained results will contribute to increasing the level of safety of the educational process, reducing professional risks for students and improving working conditions in educational workshops.

Keywords: respirable dust fraction, training workshops, dust concentration, pollution dynamics, ventilation system.