

УДК 697.941+697.98.

аспірантка **Любов Макаренко**,
2222555@ukr.net, ORCID: 0009-0005-9024-8521,
д.т.н., проф. **Олександр Приймак**,
02opriymak@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3081-6057,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРООЧИЩУВАЧА В РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ПРИ ВАРІАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ВМІСТУ PM2.5.

Анотація. Технічні дані ефективності очищення повітря в повітроочищувачах отримано, зазвичай, у лабораторних умовах у спеціальних аерозольних стендах з тестовими камерами чи боксами незначного об'єму, у той час, як у реальних умовах очищувачі використовуються в приміщеннях об'ємом мінімум 40-60 м³ з постійним перебуванням людей (розповсюдження респіраторних захворювань, що виділяються з диханням) та надходженням в приміщення частинок PM2.5..PM10 від обладнання, що працює (принтери, зарядні пристрої, електроінструмент і т.д.). На сьогодні є достатньо досліджень з цього приводу, які доводять, що фактична ефективність очищення повітря в повітроочищувачі в реальних умовах значно нижча, ніж дані наведені виробниками. Тож, є необхідність визначення оптимальної продуктивності повітроочищувача в реальних умовах для досягнення рекомендованих Всесвітньою організацією охорони здоров'я рівнів безпечного забруднення в приміщеннях з максимальним часовим проміжком одна година. Слід урахувати, що зовнішнє повітря має більший рівень забруднення частками PM 2.5. У цьому дослідженні отримуватимемо значення PM2.5 5 мкг/м³ при рівні PM2.5 в зовнішньому повітрі 16,7 мкг/м³.

Ключові слова: кратність повітрообміну, CADR, механічна фільтрація повітря, очищення повітря HEPA.

Постановка проблеми. Дрібнодисперсні частинки в діапазоні PM2.5 від 5,5 до 119,2 мкг/м³ та PM10 від 4,2 до 215,8 мкг/м³ є основними чинниками респіраторних патологій [1]. PM 2.5 (Particulare Matter 2.5 μm) - це частки розміром до 2,5 мкм, що без перешкод потрапляють в легені при диханні. PM10 – це тверді частинки від 3 до 10 мкм, що осідають на слизових. Ці частинки зазвичай називають пилом – вони містять мінеральні частинки, сажу, краплинки води, аміак - органічні і неорганічні сполуки, що знаходяться у зваженому стані в об'ємі повітря.

Дослідження вказують на те, що 75 % PM2.5, надходять до приміщення з

атмосферним повітрям. А діти проводять 90 % свого часу в приміщенні, що визначає суттєвий вплив складу внутрішнього повітря на їхнє здоров'я [2]. Смертність, пов'язана з атмосферним РМ 2.5, збільшилося з 3,5 млн. в 1990 році до 4,2 млн. осіб у 2015 році [3]. Доведено, що тривалий вплив концентрацій РМ2.5 на рівні – 21,2 мкг/м³ та 17,7 мкг/м³, РМ10 на рівні – 33,47 мкг/м³ та 27,8 мкг/м³ відповідно у м. Київ та Київській області, можуть бути причиною багатьох випадків смертей дорослих та захворюваності на хронічний бронхіт. Частина смертей у м. Київ та Київській області, яка пов'язана з впливом РМ2.5, становить, відповідно: 9,2 та 6,4 % від раку легень; 8,8 та 6,6 % від хронічного обструктивного захворювання легень; 4,9 та 3,7 % від ішемічної хвороби серця; 4,4 та 3,4 % від інсульту. Тривалий вплив РМ10 може призвести до 13,9 % випадків захворюваності на хронічний бронхіт серед дорослих у м. Київ та 8,3 % у Київській області [4].

Застосування портативних повітроочищувачів з високоефективними фільтрами типу HEPA дозволяє забезпечити високу ефективність очищення повітря від часток РМ2.5, РМ10 та вирішити питання підвищення кратності повітрообміну (як додаток до загальнообмінної вентиляції чи як допоміжна система на час ремонту основних систем).

Портативний повітроочищувач – це рециркуляційний пристрій з вентилятором та комбінацією фільтрів різного класу (грубого, тонкого очищення та високоефективними фільтрами типу HEPA), що поєднує в собі низькі показники енергоспоживання та ефективність уловлювання з повітря часток різних фракцій. Повітроочищувач повинен обиратися залежно від вимог індивідуально: вимоги очищення від тютюнового диму, пилу, алергенів від тварин, відбирання забрудників від дихання людини та наявних хімічних сполук у повітрі. Ці вимоги чи їхня комбінація будуть впливати на набір фільтрувальних елементів повітроочищувача. За цією інформацією обирають величину необхідного подавання чистого повітря (Clean Air Delivery Rate CADR); місце розміщення повітроочищувача (розмістити повітроочищувач для вільного переміщення повітряного потоку); продуктивність повітроочищувача за реальними результатами випробувань, проведених надійною третьою організацією [5].

Повітроочищувачі зазвичай складаються з кількох рівнів фільтрів, і визначити ефективність кожного з них практично неможливо через негерметичні з'єднання, кріплення фільтрів до корпусу, і, як наслідок, перетікання повітря від однієї секції фільтра до іншої поза фільтрувальними поверхнями, що лише посилюється при сервісному обслуговуванні, заміні фільтрів та експлуатації установки. Тож, кращим показником якості повітря, що створює повітроочищувач, буде не показник очищення на виході з фільтра, а

показник якості повітря в приміщенні загалом. На якість внутрішнього повітря впливають як параметри стану повітря (температура і відносна вологість), так і осадження часток, швидкість руху повітря, конвекція, наявність джерел постійного чи тимчасового забруднення тощо.

На початку 1980х років американська асоціація АНАМ (Association of Home Appliance Manufacturers) ввела CADR – показник для вимірювання реальної ефективності кімнатних повітроочищувачів. Постає проблема визначення його в реальних умовах, що, як зазначено вище, може відрізнятись від лабораторних значень.

Актуальність дослідження. Для підтримання здоров'я та підвищення тривалості життя необхідна організація безпечного повітряного середовища в місцях постійного перебування людей, особливо за умови, коли рівень насичення частинками РМ 2.5 повітря, що надходить ззовні (інфільтрацією чи системами вентиляції) значно вищий за рекомендовані рівні всесвітньої організації охорони здоров'я (РМ 2.5 – 5 мкг/м³). У системи вентиляції, що проєктуються для громадських та житлових будівель, встановлюються фільтри, які не в змозі затримувати частинки РМ2.5. Будівельними нормами не регламентується встановлення повітроочищувачів у приміщеннях. Швидкий та дієвий спосіб досягнення вимог граничних рівнів забруднення в повітряному середовищі приміщень, а саме РМ2.5, це механічний спосіб фільтрування за допомогою рециркуляційної установки з фільтрувальною вставкою НЕРА. Повітроочищувачі не можуть організувати повітрообмін як основний тип вентиляції приміщення, але за рахунок забезпечення значних кратностей повітрообміну, які вони можуть створювати, можуть її доповнити, не потребуючи значного споживання енергії, як електричної для роботи вентиляторів, так і енергії на оброблення зовнішнього повітря (нагрівання/охолодження).

Останні дослідження та публікації. Реальний CADR зменшується зі збільшенням розміру часток РМ: для видалення РМ10 кратність повітрообміну буде меншою ніж кратність для видалення РМ2.5. Разом з цим, рекомендований CADR пристроїв очищення повітря для використання в приміщеннях з чутливим населенням або лікарнями має бути вищим, ніж для приміщень загального призначення [6]. Згідно з цією рекомендацією, величини CADR достатньої для зниження забруднення часток РМ2.5 автоматично буде достатньо для очищення від більших фракцій, наприклад РМ10. Тож, це дослідження зосереджене на визначенні CADR повітроочищувача, що є достатнім для очищення повітря від часток РМ2.5 до рівня рекомендованого ВООЗ.

У огляді Szczotko повітроочищувачі показали низьку ефективність очищення повітря. Вони мали РМ-CADR від 46 до 84 % від очікуваного

(CADR_{exp}), що є низьким показником [5]. А в порівняльному дослідженні двох повітроочищувачів Stuti Dubey та ін. ефективність видалення РМ була максимум 64-68%. Разом з тим, у цьому дослідженні рекомендували використовувати очищувачі повітря з механічними фільтрами (HEPA) замість повітроочищувачів, які виділяють іони для очищення повітря (кількість іонів після процесу очищення збільшилась за рахунок роботи самого очисника) [7].

Керуючись цими даними, Sara Bjerre Sørensen [9] та ін. у своєму дослідженні підтвердили невідповідність між очікуваною та експериментально отриманою CADR. Для семи з восьми перевірених очищувачів повітря CADR для всіх перевірених летких органічних сполук (метанол, ацетальдегід, ацетон, оцтова кислота, ізопрен, бутанон, толуол, бензальдегід і лімонен) були значно нижчими, ніж відповідні CADR для РМ. Загалом було виявлено, що ефективність видалення за один прохід для летких органічних сполук зменшується як функція часу. Порівняно з CADR_{exp}, п'ять із восьми протестованих повітроочисників продемонстрували низькі результати щодо видалення твердих частинок, за якими зазвичай оцінюється CADR [8].

Розглянемо формули, які описують теоретичний CADR:

Ефективність повітроочищувача визначається за формулою [9]:

$$E = \frac{N_{\text{вхід.фільтр}} - N_{\text{вихід.фільтр}}}{N_{\text{вхід.фільтр}}} \quad (1)$$

де $N_{\text{вхід.фільтр}}$ та $N_{\text{вихід.фільтр}}$ – концентрація часток на вході та після очищувача.

Тоді показник реальної ефективності повітроочищувача CADR визначається за формулою [10]:

$$CADR = E \cdot L = L \cdot E_{\text{оч.}} - V \cdot E_{\text{осад.}} = L \cdot \frac{N_{\text{вхід.оч.}} - N_{\text{вихід.оч.}}}{N_{\text{вхід.оч.}}} - \frac{V}{t} \cdot \frac{N_{\text{поч.осад.}} - N_{\text{кін.осад.}}}{N_{\text{поч.осад.}}}, \quad (2)$$

м³/год

де E – ефективність очищувача; L – продуктивність повітроочисника, м³/год; $E_{\text{оч.}}$ – ефективність очищувача; V – об'єм приміщення, м³, $E_{\text{осад.}}$ – ефективність природного осадження, $N_{\text{поч.оч.}}$ та $N_{\text{кін.оч.}}$ – концентрація часток напочатку та напикінці часу t , год, в приміщенні з повітроочищувачем, $N_{\text{поч.осад.}}$ та $N_{\text{кін.осад.}}$ – те ж без повітроочищувача. Концентрація часток в момент часу визначається за формулою [11]:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\frac{E \cdot L \cdot t}{V}} = N_0 \cdot e^{-\frac{CADR \cdot t}{V}}, \text{ мкг/м}^3, \quad (3)$$

де N_t – концентрація часток у момент часу t , с; N_0 – початкова концентрація часток, мкг/м³, при $t = 0$.

З формули (2) CADR залежить від продуктивності очисника, типу забруднення та концентрації забруднення, від об'єму приміщення та класу фільтруючої вставки або їх комплекту.

Формулювання цілей статті. Даним дослідженням здійснено визначення залежності очищувальної здатності повітроочищувача з фільтрувальною вставкою HEPA від зміни параметрів самої установки та рівнів забруднення повітряного середовища дрібнодисперсними частками PM2.5 в реальних умовах без зміни фізичних параметрів повітряного середовища (сталі температура, вологість та кількість CO₂). Досягнення безпечних рекомендованих ВООЗ рівнів PM2.5 в 5 мкг/м³ при фоновому забрудненні зовнішнього повітря в 16,7 мкг на 1 м³. Цілями роботи визначено отримання реального CADR повітроочисника та виявлення його оптимальної продуктивності при кожному з рівнів забруднення, з умовою що очищення повітря не повинно тривати довше ніж 1одна година.

Основна частина. Перевірялася можливість зменшення часу очищення повітря від початкового рівня забруднення до безпечного рівня використовуючи поєднання двох факторів: кількості повітря, що проходить через фільтр, та використання високоефективного фільтру типу HEPA. Визначення реального CADR повітроочищувача.

Географічне розташування досліду – Київ, Україна (50°27'00"пн.ш.; 30°31'25"сх.д. Це – місто з високим транспортним навантаженням та значним індустріальним забрудненням. Це призводить до погіршення якості зовнішнього повітря та, у свою чергу, впливає на якість повітря в приміщеннях.

Місце проведення досліду: повітроочищувач розташовано в кімнаті площею 20 м² і заввишки до стелі 2,75 м протягом січня 2024 р. Внутрішніх джерел забруднення немає. Вікна закриті. Працює система опалення. Температура повітря 25 °С, відносна вологість 40 %. Рівень CO₂ становить 400-500 ppm. Рівень забруднення PM2.5 у зовнішньому повітрі на час проведення досліду 16,7 мкг/м³.

Для вимірювання використовувалися такі прилади:

- монітор якості повітря AirVisualPro;
- анемометр ET-965;
- гравіметричний відбір проб РМ фракції розміру 2,5–1,0 мкм, проводився за допомогою датчика частинок Particle Scan Lite, IQAir. Serial

nr.:2005.30837. Flow 0,025 cfm у загальному повітрі приміщення з і без роботи очищувача повітря.

Згідно з обмеженням робочого часу датчика, відбір проб проводився протягом шести інтервалів часу від 1 хв до 5 годин.

У цьому дослідженні використовувалися один тип повітроочищувача при двох режимах продуктивності 100 та 310 м³/год та двох варіантах концентрації PM2.5:

- 20 мкг/м³ (індекс якості повітря 2 для PM2.5 (незначний))
- 180 мкг/м³ (індекс якості повітря 10 для PM2.5 (небезпечний)).

Повітроочищувач складався з вентилятора, фільтра G4, фільтра F7 фільтра з активованим вугіллям, фільтра HEPA 11.

Метою дослідження є визначення реальної швидкості подачі чистого повітря повітроочищувачем, його реальну продуктивність, дійсну кількість чистого повітря, що здатен виробити повітроочисник за одиницю часу при визначеному забрудненні цього повітря - його CADR.

Вимір CADR очищувача по PM2.5 проводимо в два етапи: виконуються заміри очищення повітря при двох рівнях забруднення без повітроочищувача (природне осідання). Потім при тих же параметрах (температура, відносна вологість повітря, рівень забруднення) проводимо дослід з повітроочищувачем при двох режимах його продуктивності. Перед кожним дослідом попередньо очищуємо повітря до значення PM2.5 4 мкг/м³. Потім створюємо в кімнаті задану концентрацію часток PM2.5. Проводимо вимірювання зміни концентрації часток в певні моменти часу: від 1хв до 5 годин (табл. 1, рис. 1).

У даному випадку потрібен лише часовий проміжок в 1 годину. Тому отримаємо показники параметрів на даний момент часу і визначимо, які параметри установки дозволили отримати бажані 5 мкм/м³. Скориставшись формулою (2) визначимо CADR для кожного з випадків протягом години роботи повітроочищувача при $V = 55 \text{ м}^3$ (табл. 2).

Отже, очищення повітря в повітроочищувачах є дієвим способом покращення якості повітря в приміщенні з урахуванням всіх вимог їх використання, однак вони не можуть організовувати основний повітрообмін. При збільшенні продуктивності повітроочищувача час очищення повітря зменшується за будь якого рівня забруднення PM2.5.

Розрахункова величина CADR при невеликому забрудненні PM2.5 повинна бути не менше половини продуктивності повітроочищувача для прогнозованої тривалості очищення не більше години. Менша величина CADR призведе до поступового накопичення забруднювачів, що нівелює роботу повітроочищувача.

Таблиця 1. Зміна концентрації часток в повітрі з часовим інтервалом.

Час t, год	Режим очищення					
	Природне осадження	Повітроочищувач продуктивністю, м ³ /год		Природне осадження	Повітроочищувач продуктивністю, м ³ /год	
		100	310		100	310
	Початкове забруднення PM2.5, мкг/м ³					
20 (індекс якості повітря 2 – незначний рівень)			180 (індекс якості повітря 10 – небезпечний рівень)			
PM2.5, мкг/м ³						
0	20,0	18,9	20,0	114,0	114,0	115,0
0,25	18,0	16,7	4,0	110,0	96,2	79,2
0,5	17,0	11,0	-	99,0	90,9	19,0
0,75	17,0	7,0	-	96,0	81	9,0
1	15,0	5,0	-	93,0	78,3	5
2	11,0	-	-	55,0	36,0	4
3	9,0	-	-	45,0	21,0	-
4	6,0	-	-	29,0	12,0	-
5	5,0	-	-	19,0	5,0	-

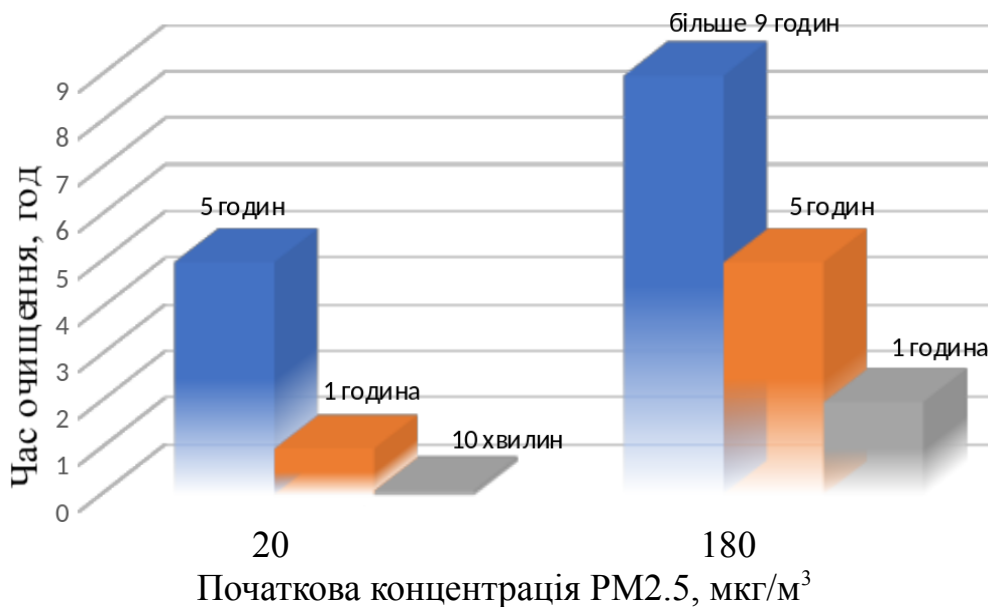


Рис. 1. Час очищення повітря до рівня PM2.5 5 мкг/м³:

■ – лише природне осадження; ■ – працює повітроочищувач, 100 м³/год;
■ – те ж 310 м³/год

Таблиця 2. Зміну концентрації часток в повітрі з часовим інтервалом.

Рівень забруднення PM2.5, мкг/м ³	Продуктивність L, м ³ /год	Ефективність повітроочищувача, %	Коефіцієнт осідання часток	CADR,		Кратність повітрообміну, год ⁻¹
				м ³ /год	год ⁻¹	
20	100	73	25	59	1,1	1,8
	310	80	25	234	4,3	5,6
180	100	31	18	21	0,4	1,8
	310	94	18	282	5,1	5,6

При незначному забрудненні PM2.5 20 мкг/м³ у житлових та офісних приміщеннях достатньо, щоб величина кратності повітрообміну становила біля двох, при цьому CADR повітроочисника дорівнював 59 % продуктивності пристрою з урахуванням природного осадження часток (при $L = 100$ м³/год величина CADR=59 м³/год при ефективності фільтрувальних вставок в 73 % та природному осадженні часток 25 %); при значному забрудненні PM2.5 = 180 мкг/м³ в житлових та офісних приміщеннях необхідною кратністю повітрообміну є шестикратний повітрообмін, з високою інтенсивністю повітрообміну (перемішуванням повітряного середовища) та високою ефективністю фільтра. При цьому CADR повітроочисника становив 91 % продуктивності пристрою з урахуванням природного осадження часток. При $L = 310$ м³/год величина CADR становить 59 м³/год при ефективності фільтрувальних вставок в 94 % та природньому осадженні часток 18 %. Інші параметри не відповідали тривалості очищення в 1 годину та значно перевищували його.

Також, із даних які отримано в досліді, можна зробити висновок, що процес природного осадження та величина зовнішнього забруднення не дозволяють очистити повітря без використання механічної фільтрації при будь якому з вказаних в дослідженні забруднень PM2.5. Шляхом природнього осідання на архітектурних поверхнях кімнати осіло від 18 до 25 % PM2.5, але кожного разу при утворенні будь яких достатньо швидких повітряних потоків (системи вентиляції, протяги чи навіть ходи людини приміщенням) забруднення можуть повернутися в повітряне середовище.

Висновки. Очищення повітря в повітроочищувачах є дієвим способом покращення якості повітря в приміщенні з урахуванням всіх вимог їх використання, однак вони не можуть організовувати основний повітрообмін. При збільшенні продуктивності повітроочищувача – час очищення повітря зменшується. Розрахункова величина CADR при невеликому забрудненні PM2.5 повинна бути не менше половини продуктивності повітроочищувача. При незначному забрудненні PM2.5 20 мкг/м³ у житлових та офісних приміщеннях

достатньо щоб величина кратності повітрообміну становила бiля двох, при цьому CADR повітроочисника дорівнював 59% продуктивності пристрою з урахуванням природного осадження часток. При значному забрудненні PM_{2.5} 180 мкг/м³ необхідною кратністю повітрообміну є шість. При цьому потрібна висока інтенсивність повітрообміну (перемішування повітряного середовища) та ефективність фільтра. CADR повітроочисника становив 91% продуктивності пристрою з урахуванням природного осадження часток. Природне осадження та величина зовнішнього забруднення не дозволяють очистити повітря без використання механічної фільтрації.

Перспективи подальших досліджень. Необхідні подальші дослідження для визначення CADR при роботі рециркуляційного агрегату з фільтрувальною вставкою типу HEPA при роботі систем вентиляції, кондиціонування повітря та наявності інших забруднювачів у приміщенні в наших кліматичних умовах.

Подяки. Роботу виконано за сприяння виробничих та апаратних потужностей ТОВ "ІСК АКСОН" в особі Ігора Кліндюка та консультативного супроводу Сергія Пендели.

References

1. Kovalchuk M.P. Scientific substantiation of measures for prevention of negative influence of atmospheric air on the incidence of bronchial asthma in children of Kyiv. Manuscript. Diss. State Institution «O.M. Marzieiev Institute for Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, 2021. <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0421U000101/> (in Ukrainian)
2. Karoline K. Johnson. Evaluating Air Pollutant Exposure and the Impacts of Indoor Air Filtration Using LowCost Monitors. Diss. Department of Civil and Environmental Engineering in the Graduate School of Duke University 2018. <https://hdl.handle.net/10161/18279>
3. Cohen A.J., Brauer, M., Burnett, R., et al. 2017. “Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015.” *The Lancet*, vol. 389, iss. 10082, 2017 P.1907–1918. [https://doi.org/10.1016%2FS0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016%2FS0140-6736(17)30505-6)
4. Maremukha T.P. Hihienichna otsinka zabrudnennia atmosferneho povitria teploenerhetychnymy obiektyamy. Diss. «Instytut hromadskoho zdorovia im. O.M. Marzieieva NAMN Ukrainy», Kyiv, 2020. (in Ukrainian) <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0421U000058/>
5. Szczotko M., Orych I., Mąka Ł., Solecka J. A review of selected types of indoor air purifiers in terms of microbial air contamination reduction. *Atmosphere*, vol. 13, iss. 5, 2022, p. 800, <https://doi.org/10.3390/atmos13050800>
6. Kwang-Chul Noh, Myung-Do Oh. Variation of clean air delivery rate and effective air cleaning ratio of room air cleaning devices. *Building and Environment*,

vol. 84, 2015, pp. 44-49. . <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.10.031>.

7. Dubey S., Rohra H., Tanejaa A. Assessing effectiveness of air purifiers (HEPA) for controlling indoor particulate pollution. *Heliyon*, vol. 7, iss. 9, 2021, p. e07976. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07976>

8. Sørensen S. B., Feilberg F., Kristensen K. Removal of volatile organic compounds by mobile air cleaners: Dynamics, limitations, and possible side effects. *Building and Environment*, vol. 242, 2023, pp. 44-49 . <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110541>

9. USEPA, Unfinished Business: A Comparative Assessment of Environmental Problems Appendix II Non-cancer Risk Work Group, 1987. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000BZVE.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C86thru90%5CTxt%5C00000001%5C2000BZVE.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL> Access date: 23 November 2024

10. Klepeis N.E., Nelson W.C., Ott W.R., Robinson J.P., Tsang A.M., Switzer P., Behar J.V., Hern S.C., Engelmann W.H. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, vol. 11, iss 3, 2001, pp. 231–252. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>.

11. Stephens B., Gall E.T., Heidarinejad M., Farmer D.K. Interpreting Air Cleaner Performance Data. *ASHRAE Journal*, April 2022, p. 20-30, https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/20-31_stephens.pdf

UDC 697.941+697.98

Postgraduate Student. **Luibov Makarenko**,
2222555@ukr.net, ORCID: 0009-0005-9024-8521,
Dr Hab., Prof. **Oleksandr Pryimak**,
02opriymak@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3081-6057,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

EFFECTIVENESS OF THE RECIRCULATION AIR CLEANER IN REAL CONDITIONS AT VARIATION OF THE AIR FLOW AND PM_{2.5} CONTENT.

Abstract. *Technical data on the effectiveness of air purifiers are usually obtained in laboratory conditions in special aerosol stands with test chambers or boxes of a small volume, while in real conditions the purifiers are used in rooms with a volume of at least 40-60 m³ with a permanent presence of people (distribution respiratory diseases emitted with breathing) and entry of PM_{2.5}..PM₁₀ particles into the room from working equipment (printers, chargers, power tools, etc.). There are already enough scientific materials on this matter, which prove that the actual efficiency of air purifiers in real conditions is much lower than the data given by the manufacturers. Therefore, there is a need to determine the optimal performance of the air purifier in real conditions in order to achieve the WHO recommended levels of safe indoor pollution with a maximum time interval of 1 hour, besides, taking into account that the air outside has a higher level of pollution with particles of PM 2.5. In this study, we strive to obtain a PM 2.5 value of 5 µg/m³ with a PM_{2.5} level in the air outside of 16.7 µg/m³. The calculated value of CADR for light pollution should be at least half of the power of the air purifier for the projected cleaning duration of no more than 1 hour. A smaller value of CADR leads to further accumulation of pollutants, which reduces the work of the cleaner. In this study, the value of CADR was at L=100 m³/hour the value of CADR= 59 m³/hour with the efficiency of filter inserts in 73% and natural sedimentation of particles in 25%, and at L=310 m³/hour the value of CADR= 59 m³/hour at efficiency of filter inserts in 94% and natural sedimentation of particles in 18%. The process of natural deposition and the amount of external pollution do not allow to clean the air without the use of mechanical filtration for any of the pollutants specified in the study.*

Keywords: *air exchange rate, CADR, mechanical air filtration, air purification, HEPA filter.*