

О. С. Волошкіна, А. В. Ковальова

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

## ВИРОБНИЧИЙ РИЗИК ДЛЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦЮЮЧИХ НА ВІДКРИТОМУ ПОВІТРІ ВІД ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**Анотація.** В роботі представлено дослідження щодо аналізу впливу температурних показників атмосферного повітря урбанізованих територій на показники забруднення первинними та вторинними елементами та вплив якісного стану повітря на значення виробничого ризику. **Запропоновано** алгоритм системної ієрархічної моделі оцінки і класифікації виробничого ризику для робітників, які працюють на відкритому повітрі. Представлені залежності між вологовмістом в повітрі, температурними показниками та індексом забруднення AQIPM<sub>2,5</sub> в м. Києві за березень 2020 року. Взаємовплив температурних та якісних показників атмосферного повітря на здоров'я працівників на відкритих виробничих майданчиках на даних 2016 року представлено на прикладі окремих автомобільних шляхопроводів м. Києва, як одного з самих спекотних років останнього десятиліття. Представлені середньомісячні значення індексу забруднення атмосферного повітря аерозольними частками PM<sub>2,5</sub>мкм і виробничого ризику в залежності від вторинного формальдегідного забруднення внаслідок фотохімічних перетворень. **Розроблена** шкала класифікацій між кількісними показниками виробничого ризику та показниками забруднення атмосферного повітря. Ступінь небезпечності виробничого ризику по перевищенню концентрації найбільш небезпечного забруднювача може бути визначена даним підходом за референтним значенням окремого показника **Результати роботи** стануть в нагоді при розробці рекомендацій щодо захисту здоров'я працюючих в умовах поступового підвищення температурних показників, а також при розробці містобудівельних норм охорони праці на будівельних майданчиках

**Ключові слова:** виробничий ризик, забруднення повітря, температура, глобальні кліматичні зміни, шкала класифікацій ризику, алгоритм моделі ризику.

### Вступ

Характеристика впливу на виробничі умови підвищених температурних показників розглядалася в дослідженнях багатьох авторів [1, 2 та ін.]. Згідно списку професійних захворювань затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України, Міністерства соціального захисту населення України, Міністерства праці України від 2 лютого 1995 р. N 23/36/9, працівники дорожньо-ремонтних організацій які працюють на відкритій території з автотранспортом, бітумом та щебнем, ручним трамбуванням або електроплитою піддаються таким захворюванням, як: гострі хронічні інтоксикації, токсичне ушкодження органів дихання, хвороби шкіри, алергічні захворювання, пневмосилокози, вібраційна хвороба, сенсоневральна приглухуватість та ін. За даними [3] зафіксовано, станом на 13.07.2016 при температурі повітря +31 С, температура асфальту складала +53 С. Слід зазначити, що температура в теплий період року може сягати понад +31 С, тим самим призводити до підвищення температури асфальту, оскільки діє вплив нагрівання асфальту від автотранспорту та збільшенню ризику захворюваності працівників на вище перераховані хвороби.

Державними санітарними нормами «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» (далі – ДСН 3.3.6.042-99) встановлено, що верхня межа температури на постійних робочих місцях (де працюючий проводить більше як половину свого робочого часу або не менш як 2-х годин поспіль), є температура +28 С. Роботу при температурі повітря вище 37° С віднесено до небезпечної. В даному випадку не рекомендується проводити роботи на відкритому майданчику. Останніми роками показники підвищеної температури фіксувалися різними системами моніторингових спостережень, як дер-

жавною, так і приватними. Самі високі перевищення температур атмосферного повітря відмічалися з грудня по березень місяці.

Максимальні значення температурних показників на протязі останніх років в м. Києві спостерігаються регулярно. Дата першого перевищення 30 °С спостерігалася регулярно вже в травні та на початку червня на протязі останнього десятиліття, а дата першого перевищення 35 °С 1 серпня 2010 року та 16 червня 2016 року. Що стосується вимірів поточного року, то за середньої температури за червень 2021 року за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського вона становила +21,3°С, що на 1,8°С вище за кліматичну норму. З 23 по 26 червня було побито аж 10 температурних рекордів. Зазначено 6 днів з максимальною температурою повітря вище +30,0°С. З даними спостережень на стаціонарних постах у період з 29 червня по 05 липня 2021 р. у повітрі м. Київ зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК с. д.) за середньодобовим вмістом в районі Дарницької площі: завислих речовин – у 1,0-1,2; діоксиду азоту – у 8,5 ; формальдегіду – у 3,1-3,6 рази.

Таким чином, на сьогоднішній день актуальним постає науково-практичне завдання щодо оцінки виробничого ризику для безпеки працюючих на відкритому повітрі в умовах поступового підвищення температурних показників в літні місяці року на фоні взаємозв'язку з іншими впливовими факторами для здоров'я ( забруднення атмосферного повітря, шумове забруднення).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багато досліджень на даний час присвячено питанням взаємозв'язку між підвищенням температурних умов та вторинного забруднення атмосферного повітря міського середовища внаслідок фотохімічних перетворень [4-6]. Крім того на сьогоднішній день

не розглядалося питання впливу підвищення індексу забруднення повітря зваженими аерозольними частками  $PM_{2,5}$  внаслідок підвищення температурних умов та вологості повітря в літні спекотні місяці року на значення виробничого ризику для працівників будівельної та автодорожніх галузей економіки. На сьогоднішній день доведено, що тверді частки діаметром менш як 2,5 мкм в атмосфері міста є значним предиктором кількості підтверджених випадків COVID-19. Як відмічається в роботах закордонних авторів, очікувана кількість випадків COVID-19 зростає на 100% при збільшенні індексу забруднення атмосфери на 20% [7,8].

В п.4.1. документу ЄС «Посібник ЄС з оцінки ризиків на робочому місці» зазначено два основних принципи, щодо проведення оцінки ризиків: оцінку ризику слід планувати так, щоб забезпечити охоплення всіх важливих небезпек і ризиків; оцінку слід розпочати з суто теоретичних принципів, поставивши запитання, що є причиною наявності небезпеки [9].

Виходячи з першого принципу, при синергетичній дії забрудненого повітря від виробничих умов на будівельному майданчику та підвищеного рівня забруднення атмосферного повітря на території міста, де перебування працюючих є повний робочий день, виникає потреба в додаткових дослідженнях щодо визначення значень виробничого ризику.

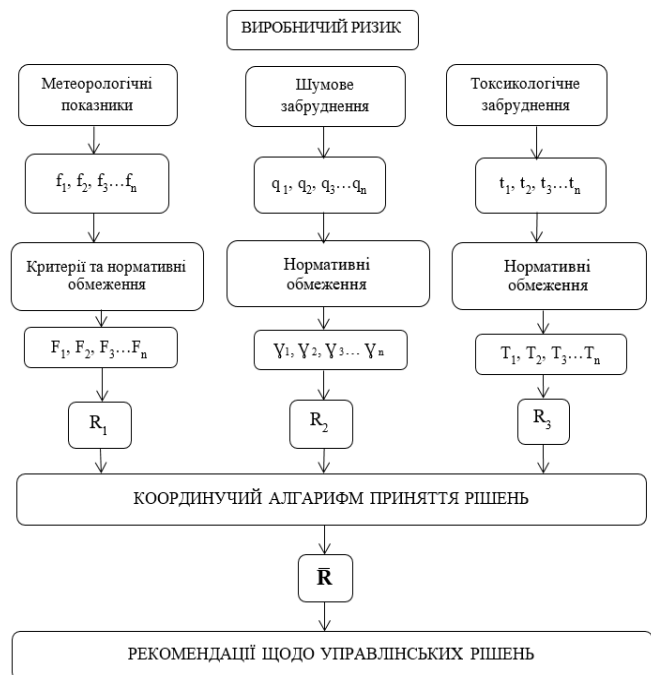
**Мета досліджень** полягає у визначенні виробничого ризику від хронічного інгаляційного впливу для безпеки працюючих при підвищених температурних показниках атмосферного повітря урбанізованої території.

### Викладення основного матеріалу досліджень

Для визначення виробничого ризику на відкритому майданчику необхідний комплексний синергетичний підхід з максимальним врахуванням всіх впливових факторів, які складають небезпеку для здоров'я даної категорії працюючих. При такому підході повинні бути враховані у кінцевому результаті на безпеку працюючих шумовий вплив токсикологічний на фоні підвищених температурних показників, а також взаємовплив температурних та якісних показників атмосферного повітря на здоров'я працівників.

Алгоритм цього врахування, за думкою авторів повинен базуватися на підході, представленим на рис. 1.

Формування виробничого ризику на працюючих відкритого повітря з урахуванням багаторічних трендів підвищення температури в умовах глобальних кліматичних змін проаналізовано за окремими показниками згідно даних моніторингових джерел спостережень на прикладі м. Києва. Авторами побудовані залежності між основними компонентами забруднення та середньомісячними температурними умовами розрізі 2013-2021 років спостережень. Дані залежності показали суттєвий вплив температурних показників на показники забруднення атмосферного повітря, як первинними, так і вторинними показниками внаслідок фотохімічних перетворень в повітрі.



**Рис. 1.** Алгоритм системної ієрархічної моделі оцінки і класифікації виробничого ризику для безпеки працюючих на відкритому повітрі

Встановлено, що дані залежності можуть бути апроксимовані за допомогою поліноміальних функцій с коефіцієнтом кореляції в межах 0,65 – 0,87.

Аналіз даних неканцерогенного ризику від забруднення основними компонентами, що перевищують референтні дози та температурними показниками на прикладі Дарницької площі м. Києва в розрізі 2013-2021 років показав, що його середнє значення дорівнює 13,3. Слід відзначити, що на авторозв'язці Дарницької площі м. Києва в 2019-2020 роках проводився капітальний ремонт проїжджої частини. Ризики для здоров'я населення визначалися керуючись діючими в Україні Методичними рекомендаціями МР 2.2.12-142- 2007. Інгаляційний хронічний неканцерогенний ризик розраховується за сумарним критерієм індексу безпеки (НІ). За прийнятою класифікацією рівнів, отриманий ризик в районі Дарницької площі в м. Києві був визначений як «значний».

На значення виробничого ризику для працюючих відкритих майданчиків у випадку пилового забруднення, суттєвий вплив здійснює крім температурних й показників також вологість повітря (рис. 2).

На рис. 2 представлені залежності між волого-вмістом в повітрі, температурними показниками та індексом забруднення  $AQIPM_{2,5}$  в м. Києві за березень 2020 року.

При врахуванні пилового забруднення для безпеки працівників автодорожньої та будівельної галузей для визначенні значення виробничого ризику, необхідно враховувати також фонове забруднення аерозольними частками даного району міста, яке залежить від метеорологічних умов і кінетики фізико-хімічного перетворення.

Для встановлення залежності між кількісними показниками забруднення атмосферного повітря та показниками виробничого ризику та було розроблено шкалу класифікацій, яка ґрунтується на Гігієніч-

них регламентах гранично допустимих концентрацій хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць (Наказ МОЗУ від 14.01.2020, №52) та представлена в табл. 1.

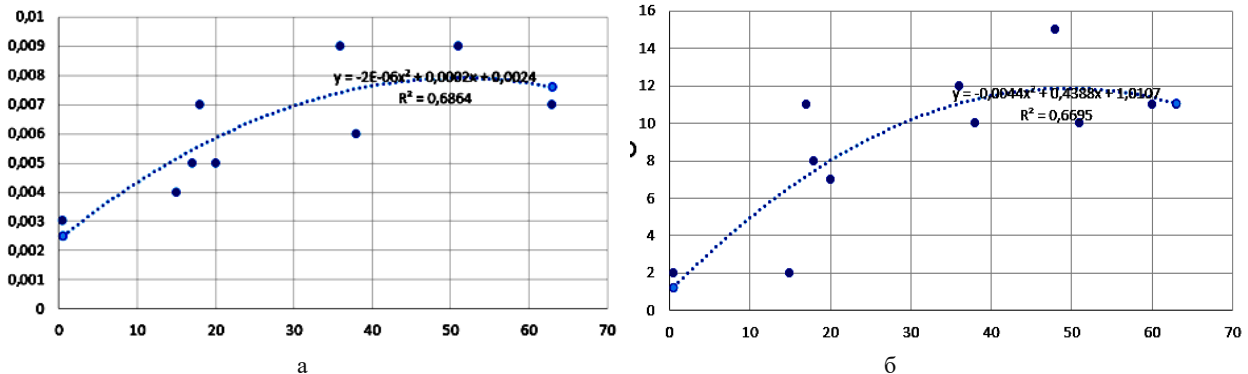


Рис. 2. Залежність між показниками вологовмісту в повітрі (а) і температурними показниками (б) та індексом забруднення аерозольними частками AQIPM2,5 в м. Києві за березень 2020 року

Таблиця 1 – Кількісні показники виробничого ризику та показників забруднення атмосферного повітря

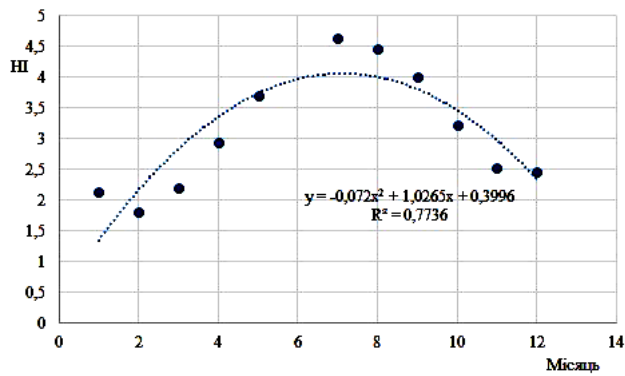
№ з/п	Ступінь небезпечності (по значенню виробничого ризику)	Кратність перевищення референтних значень основних забруднювачів (береться по найбільшому значенню)	Значення виробничого ризику
1	2	3	4
1	<b>Безпечний</b> рівень ризику. При цьому рівні бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	<1	<1
2	<b>Помірно небезпечний</b> рівень ризику – припустимий для виробничих умов. За впливу на все населення, необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи управління ризиком	>1-2,0	1,0 – 10,0
3	<b>Небезпечний ризик</b> – неприпустимий для населення, для виробничих умов необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи управління ризиком.	>2,0-9	50,0 – 100,0
4	<b>Дуже небезпечний</b> рівень ризику – ризик неприйнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	>9	>100,0

Ступінь небезпечності виробничого ризику по перевищенню концентрації одного найбільш небезпечного забруднювача також визначається за даним підходом за окремим показником.

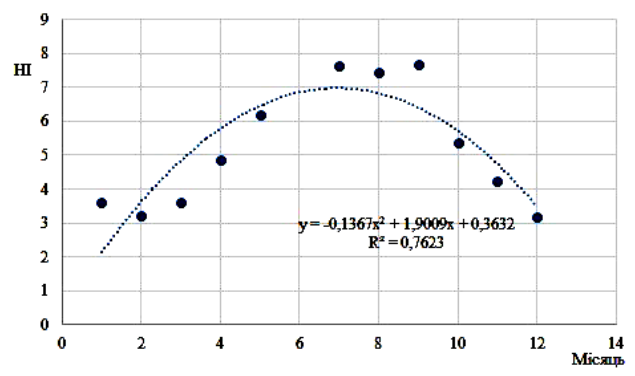
В якості прикладу приведемо значення рівня виробничого ризику від формальдегідного забруднення біля чотирьох автомобільних розв'язок: вул. Богатирська - вул. Лугова - проспект Маршала Тимошенка, вул. Щербаківського - вул. Стеценка- вул. М.Гречка ,ул. Щусева - вул. Олени Теліги- вул. Мельникова та вул. Олени Теліги - проспект С. Бандери - Куренівка м.Києва. Дані аналізу представлені на рис. 3. Для аналізу було взято моніторингові дані 2016 року, для одного з самих найтепліших років останніх десяти років.

На рис. 4 приведено залежності між даними середньомісячного індексу забруднення аерозольними частками PM2,5 атмосферного повітря та даними виробничого неканцерогенного ризику для 2020 року на окремих автомобільних шляхопроводах в м. Києві.

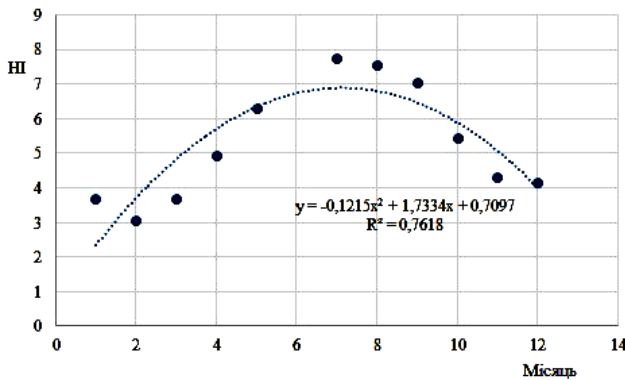
Представлені залежності частково згладжують вплив метеофакторів на епізодичний спалах забруднення повітря (швидкість повітря, вологість, температура), дані аналізу моніторингових даних за останні роки підтверджують відому гіпотезу про суттєвий вплив на рівень аерозольного забруднення міста природних надзвичайних ситуацій(пожежі, пилові бурі, спалювання сільськогосподарських відходів тощо).



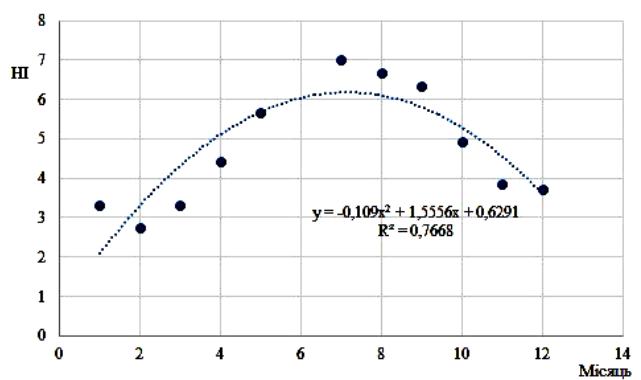
а) вул. Богатирська - вул. Лугова - проспект Маршала Тимошенка



б) вул. Щербаковського - вул. Стеценка - вул. М.Гречка

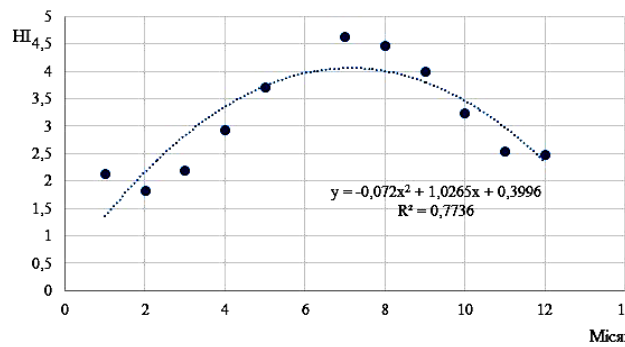


с) ул. Щусева - вул. Олени Теліги - вул. Мельникова

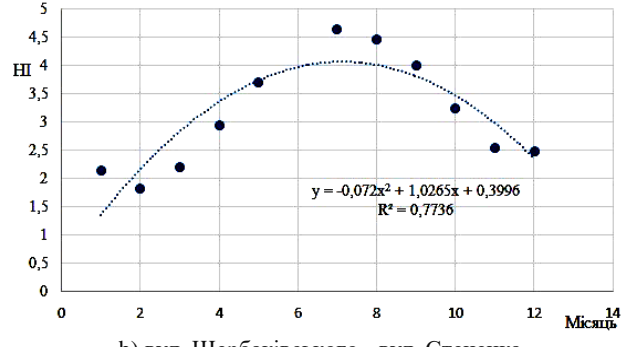


д) вул. Олени Теліги - проспект С. Бандери - Куренівка

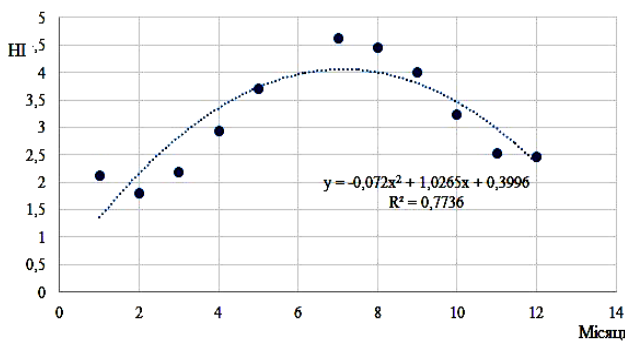
Рис. 4. Середньомісячні значення неканцерогенного ризику від забруднення формальдегідом атмосферного повітря внаслідок фотохімічних перетворень біля окремих автомобільних розв'язок м. Києва в 2016 році



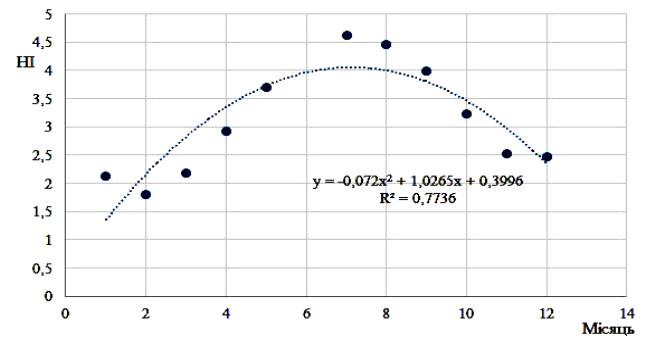
а) вул. Богатирська - вул. Лугова - проспект Маршала Тимошенка



б) вул. Щербаківського - вул. Стеценка - вул. М.Гречка



с) ул. Щусева - вул. Олени Теліги - вул. Мельникова



д) вул. Олени Теліги - проспект С. Бандери - Куренівка

Рис. 5. Значення індексу забруднення атмосферного повітря аерозольними частками PM<sub>2,5</sub>мкм для окремих автошляхопроводів в м. Києві для окремих місяців 2020 року

## Висновки

1. Отримані залежності ще раз підкреслили взаємозалежність температурних умов, ступінь забруднення атмосферного повітря та, відповідно, значення виробничого ризику для безпеки працюючих відкритого повітря біля автомобільних розв'язок. Також слід відмітити про необхідність динамічного контролю протягом року за величиною виробничого ризику та управління цим ризиком.

2. Проведений розрахунок величин неканцерогенних ризиків від забруднення атмосферного повітря за умов підвищених температурних умов на прикладі Дарницької площі та окремих транспортних розв'язок м. Києва показав, що для працюючих, в умовах відкритого повітря існує потреба у динамічному контролі і поглибленому вивченню джерел і можливих наслідків шкідливих впливів. За таких умов існує потреба подальшого удосконалення системи моніторингу атмосферного

повітря в районі автотранспортних шляхопроводів та великих перехрестів м. Києва органами Державної гідрометеорологічної служби України та Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

3. Досягнення прийнятного рівня ризику для працюючих даної категорії в зонах максимального його значення може бути досягнуто шляхом впровадження відповідних заходів, які крім посилення повинні включати також і організацію руху транспорту, максимальне впровадження екологічно-чистих видів транспорту та використання екологічно більш чистого палива.

4. Результати роботи стануть в нагоді при розробці рекомендацій щодо безпеки працюючих в умовах поступового підвищення температурних показників внаслідок глобальних кліматичних змін, а також при розробці містобудівельних норм охорони праці на будівельних майданчиках.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мікроклімат та його вплив на працездатність людини. *Головне управління держпродспоживслужби в Хмельницькій області* : веб-сайт. URL: <https://consumerhm.gov.ua/956-mikroklimat-ta-jogo-vpliv-na-pratsezdtnist-lyudinita-jogo-vpliv-na-pratsezdtnist-lyudini>.
2. В.В.Березуцький, М.І. Адаменко Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібника для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/– Харків. ФОП Панов А. М., 2016 – 385 с.
3. Асфальт у київі розігрівся до нечуваної температури: фотофакт. *24 Київ* : веб-сайт. URL: [https://24tv.ua/kyivnews/asfalt\\_u\\_kyievi\\_rozigrivysya\\_do\\_nechuvanoyi\\_temperaturi\\_fotofakt\\_n704968](https://24tv.ua/kyivnews/asfalt_u_kyievi_rozigrivysya_do_nechuvanoyi_temperaturi_fotofakt_n704968)
4. Sipakov R., Trofimovich V. *et al.* Impact of Weather Factors on the Speed of the Reaction of Formaldehyde Formation Above Motorway Overpasses/ *Environmental Problems*, Volume 3, number 2, Lviv Politechnic National University, P. 97-102, 2018.
5. Sipakov, R., Voloshkina, O., *et al.* Pollution of atmospheric air above the city highways. //USEFUL online journal, vol. 2, no. 4, pp. 01–08, December 2018. DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-4-2018-0001>.
6. Pollution of atmospheric air above the city highways / R.Sipakov, O.Voloshkina, D.Varavin, Y.Ampilova, T.Krivomaz, J.Bereznitska // USEFUL, vol. 2, no. 4, pp. 01–08, Dec. 2018. DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-4-2018-0001>
7. Liao, T., Jiang, W., Ouyang, Z. *et al.* Evaluation of the health risk of air pollution in major Chinese cities using a risk-based, multi-pollutant air quality health index during 2014–2018. *Air Qual Atmos Health* (2021). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01042-6>
8. Edoardo Conticini, Bruno Frediani, Dario Caro (2020). Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy *Environmental Pollution*, Volume 261, June 2020, 114465 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>
9. Посібник з оцінки ризиків на робочому місці. *Європейська комісія генеральний директорат з питань зайнятості і соціальної політики* : веб-сайт. URL: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---lab\\_admin/documents/projectdocumentation/wcms\\_650135.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/projectdocumentation/wcms_650135.pdf)

Received (Надійшла) 30.06.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 25.08.2021

## Production risk for safety of outdoor workers from the temperature conditions of the environment

E. Voloshkina, A. Kovalova

**Abstract.** The researches on the analysis of influence of temperature indicators of atmospheric air of the urbanized territories on indicators of pollution of the primary and secondary elements influencing a condition of air, on value of industrial risk are presented. An algorithm of a system hierarchical model of assessment and classification of industrial risk for workers working outdoors is proposed. The dependences between air moisture content, temperature indicators and AQIPM2.5 pollution index in Kyiv for March 2020 are presented. The interaction of temperature and air quality on the health of workers at open production sites in 2016 is presented on the example of individual road overpasses in Kyiv, as one of the hottest years of the last decade. The average monthly values of the index of air pollution by aerosol particles PM2.5 microns and production risks depending on the secondary formaldehyde pollution in the case of photochemical transformations are presented. A scale of classifications between quantitative indicators of production risk and indicators of air pollution has been developed. The degree of danger of production risk will be determined by a separate negative indicator. It is determined by the excess of concentrations of this pollution over the reference value. The results of the work begun in the development of recommendations for the protection of work efficiency in the context of a gradual increase in temperature, as well as in the development of urban building codes for labor protection on construction sites.

**Keywords:** production risk, air pollution, temperature, global climate change, scale of risk classification, risk model algorithm.