

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ НА ПРАЦЮЮЧИХ У ПРИМІЩЕННЯХ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

С. В. Сукач, В. О. Огарь

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: sergvs69@mail.ru

Р. М. Левківський

Херсонська державна морська академія,

просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000, Україна. E-mail: rn_levkovskiy@ukr.net

Відомо, що відхилення концентрації аероіонів від оптимального значення негативно впливає на самопочуття та здоров'я людей. Під дією іонізуючого випромінювання концентрація іонів у повітрі приміщення різко збільшується і значно перевищує оптимальне значення, що, в свою чергу, призводить до негативного впливу на самопочуття людей, які в ньому перебувають. Проведені експериментальні дослідження впливу вентиляції на аероіонний склад повітря й аналіз динаміки концентрації легких іонів у двох нестандартних тестових приміщеннях довели різнохарактерний вплив на них припливної та витяжної вентиляційних систем. З метою стабілізації концентрації аероіонів на оптимальному рівні розроблено алгоритм функціонування автоматичної вентиляційної системи, режими роботи якої залежать від показників іонізації повітря. Проведені дослідження щодо мінімізації шкідливого впливу на працюючих у приміщеннях із підвищеним рівнем іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: концентрація аероіонів, іонізація повітря, вентиляційна система, алгоритм роботи.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МИНИМИЗАЦИИ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОТАЮЩИХ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С. В. Сукач, В. А. Огарь

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: sergvs69@mail.ru

Р. Н. Левковский

Херсонская государственная морская академия

просп. Ушакова, 20, г. Херсон, 73000, Украина. E-mail: rn_levkovskiy@ukr.net

Известно, что отклонение концентрации аэроионов от оптимального значения негативно влияет на самочувствие и здоровье людей. Под действием ионизирующего излучения (радона) концентрация ионов в воздухе помещения резко увеличивается и значительно превышает оптимальное значение, что, в свою очередь, оказывает вредное воздействие на людей, находящихся в нем. Проведенные экспериментальные исследования влияния вентиляции на аэроионный состав воздуха и анализ динамики концентрации легких ионов в двух нестандартных тестовых помещениях доказали разнохарактерное влияние на них приточной и вытяжной вентиляции. С целью стабилизации концентрации аэроионов на оптимальном

уровне разработан алгоритм функционирования автоматической вентиляционной системы, режимы работы которой зависят от показателей ионизации воздуха. Проведены исследования по минимизации вредного воздействия на работающих в помещениях с повышенным уровнем ионизирующего излучения.

Ключевые слова: концентрация аэроионов, ионизация воздуха, вентиляционная система, алгоритм работы.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Всім відомий позитивний вплив аероіонів, які викликають зниження кров'яного тиску, збільшення числа еритроцитів і зменшення лейкоцитів, зростання показників гемоглобіну, що призводить до поліпшення загального самопочуття, відновлюється апетит і сон. При цьому підвищуються розумова активність і фізична працездатність [1, 2].

Уміст у повітрі іонів не є сталою величиною. На їх концентрацію впливає зміна пори року, погодні умови, рівень забрудненості повітря й іонізуюче випромінювання (радон) [3–5]. Радон потрапляє в атмосферу із приміщень різними шляхами: проникає із надр Землі, виділяється із будівельних матеріалів (цемент, щебінь, цегла), з яких побудовано будівлю, надходить з водопровідною водою, побутовим газом і іншими продуктами життєзабезпечення [6].

Аналіз причин смерті працівників шахт на уранових рудниках Європи в південній Німеччині та Чехословаччині показав, що від 30 до 50 % гірників, працюючих в уранових шахтах, вмирає від раку легень. Згідно з розрахунками Британського бюро захисту від радіації у Великобританії щорічно гинуть 2500 чоловік від раку легень, викликаного радіоактивним газом радоном. За даними Агентства навколишнього середовища в США щорічно близько 20 тис. онкологічних захворювань ініціюється радоном і продуктами його розпаду. Тому роботи із вивчення радіаційного впливу радону інтенсивно розвиваються [7].

Рівень концентрації радону істотно залежить від природної та штучної вентиляції приміщення, ретельності ущільнення вікон, стиків стін і вертикальних комунікаційних каналів, частоти провітрювання приміщень і т.д. Наприклад, найбільш високі концентрації радону в житлових будівлях відзначаються в холодний період року, коли традиційно вживають заходів до утеплення приміщень і зменшення обміну повітря з навколишнім середовищем. Однак найкращі результати зниження радонового ризику в існуючих будівлях дає правильно виконана вентиляція. Аналіз активності радону при повітрообміні показує, що навіть одноразовий повітрообмін за одну годину знижує концентрацію радону практично на два порядки [8].

Мета роботи – розробка автоматизованої вентиляційної системи та проведення досліджень щодо мінімізації шкідливого впливу на працюючих у приміщеннях із підвищеним рівнем іонізуючим випромінюванням.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Авторами проводились експериментальні дослідження впливу вентиляції на аероіонний склад повітря й аналіз динаміки концентрації легких іонів у двох нестандартних тестових приміщеннях. Доведено різнохарактерний вплив на них приточної та витяжної вентиляційних систем [9]. Дослідження проводилися в напівпідвальних приміщеннях, де спостерігалася підвищена концентрація аероіонів, що було викликано наявніс-

тю радонового випромінювання. Аналіз результатів проведених експериментів викликав необхідність проведення додаткових досліджень з метою стабілізації аероіонного складу повітря.

Розпад радону супроводжується утворенням α -частинок, які взаємодіють з різними речовинами, тобто легко поглинаються ними. При проходженні через речовину α -частинки, які є двічі йонізованими ядрами гелію, майже повністю віддають свою енергію в результаті електростатичної взаємодії з електронами оболонок атомів.

Енергія α -частинок витрачається на іонізацію і збудження атомів поглинаючого середовища (іонізаційні втрати). Цей процес може розглядатися як пружне зіткнення α -частинки з електронами, при якому α -частинка втрачає частину своєї енергії. Енергія утворення однієї пари іонів у повітрі становить близько 35 еВ, так що при проходженні α -частинки з енергією $E_a = 4,2$ МеВ до моменту її поглинання утворюється близько 10^5 пар іонів. Наприкінці пробігу, коли енергія α -частинки зменшується і стає недостатньою, щоб виконувати іонізацію, вона, приєднавши до себе два електрона, перетворюється на атом гелію.

У зв'язку з цим для проведення експериментальних досліджень щодо стабілізації іонного складу повітря розроблена спрощена функціональна схема системи вентиляції з урахуванням іонізації повітря представлена на рис. 1.

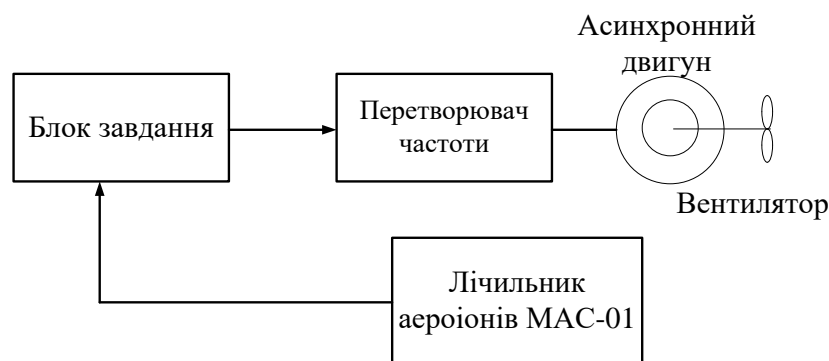


Рисунок 1 – Спрощена функціональна схема системи контролю та стабілізації іонізації повітря

Автоматизацію технологічного процесу необхідно проводити за параметром зміни концентрації іонів, перевищення якої шкідливо впливає на організм людини.

Функціональна схема автоматизованого електроприводу вентиляційної установки складається з наступних блоків:

– асинхронний двигун (АД), який приводить в рух вентиляційну установку і швидкістю якого необхідно управляти для регулювання концентрації іонів в необхідних межах;

– пристрій, що управляє швидкістю двигуна, використовується перетворювач частоти (ПЧ). Перетворювач частоти дозволяє плавно регулювати швидкість обертання валу асинхронного двигуна, забезпечує плавний запуск і зупинку двигуна, що, в свою чергу, виключає знос й аварії обладнання через динамічні удари і виключає різкі зміни струму, за рахунок відсутності важкого пуску;

– вентиляційна установка (ВУ), в якості якої використовується відцентровий вентилятор;

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

– малогабаритний лічильник аероіонів МАС-01 – вимірює концентрацію іонів, а також здійснює контроль за цим параметром (має USB-порт для зв'язку з ПК).

Таким чином, автоматизована система управління вентиляційною установкою повинна забезпечувати:

– збір первинної інформації з лічильника аероіонів МАС-01;
– функціональне перетворення первинної інформації в неперервні сигнали струму або напруги або частотні сигнали;

– нормування в гальванічну розв'язку перетворених сигналів;

– контроль входних параметрів й обробку входної інформації з датчика з метою визначення частоти і напруги живлення привідного двигуна за відомим законом регулювання, відповідних необхідній швидкості обертання і, як наслідок, необхідної витрати повітря;

– видачу керуючих імпульсів на перетворювач із метою формування напруги живлення на статорі АД необхідного діючого значення і частоти;

– реагування на нештатні та аварійні ситуації в ключових вузлах технологічного процесу (зменшення витрат, перевищення температури обмоток двигуна, перевищення струму в обмотках статора, короткого замикання в обмотках).

Алгоритм управління запропонованої вентиляційної установки належить до типу алгоритму стабілізації, тому що система управління вентиляційною установкою повинна підтримувати необхідне значення концентрації іонів на оптимальному рівні (рис. 2).

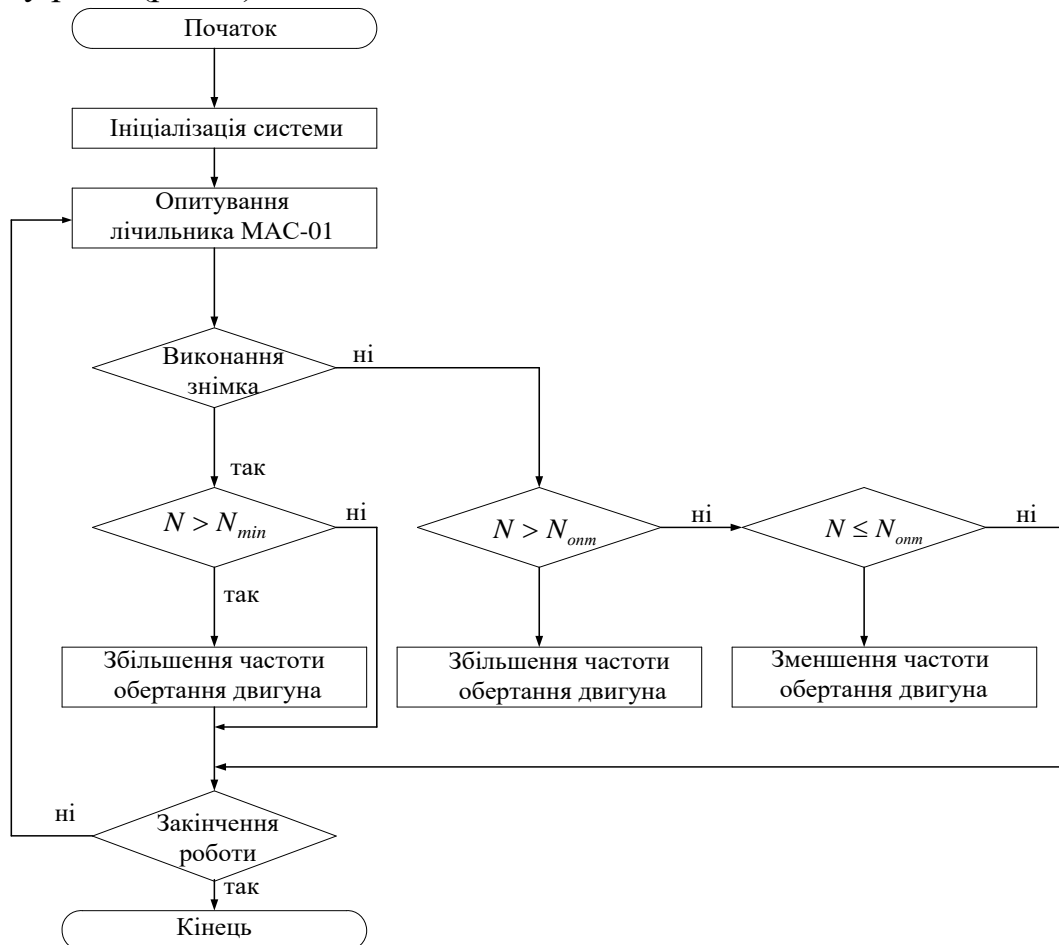


Рисунок 2 – Алгоритм роботи системи вентиляції

Таким чином, система управління автоматизованою вентиляційною установкою повинна відстежувати кількість іонів у приміщенні і видавати відповідно до змін керуючі сигнали на перетворювач частоти. При цьому зі збільшенням концентрації іонів система автоматичного регулювання повинна видавати сигнал на збільшення швидкості привідного двигуна, а при зниженні – на зменшення швидкості обертання привідного двигуна.

Алгоритм роботи системи полягає в послідовному порядку дій (рис. 2): її ініціалізації, опитуванні лічильник аероіонів МАС–01 для визначення кількості іонів. Якщо кількість іонів знаходиться на оптимальному або меншому рівні, то система вентиляції працює в звичайному для неї режимі, якщо кількість іонів перевищує оптимальний рівень, то необхідно збільшити швидкість обертання двигуна, щоб швидше привести концентрації іонів до норми.

Задля дослідження стабілізації аероіонного складу повітря в приміщеннях із підвищеним іонізуючим випромінюванням на основі математичних рівнянь, що описують роботу елементів автоматизованої вентиляційної системи [10], розроблена схема замкнутої системи регулювання зі зворотним зв'язком по концентрації іонів при використанні пакета MATLAB–SIMULINK приведена на рис. 3.

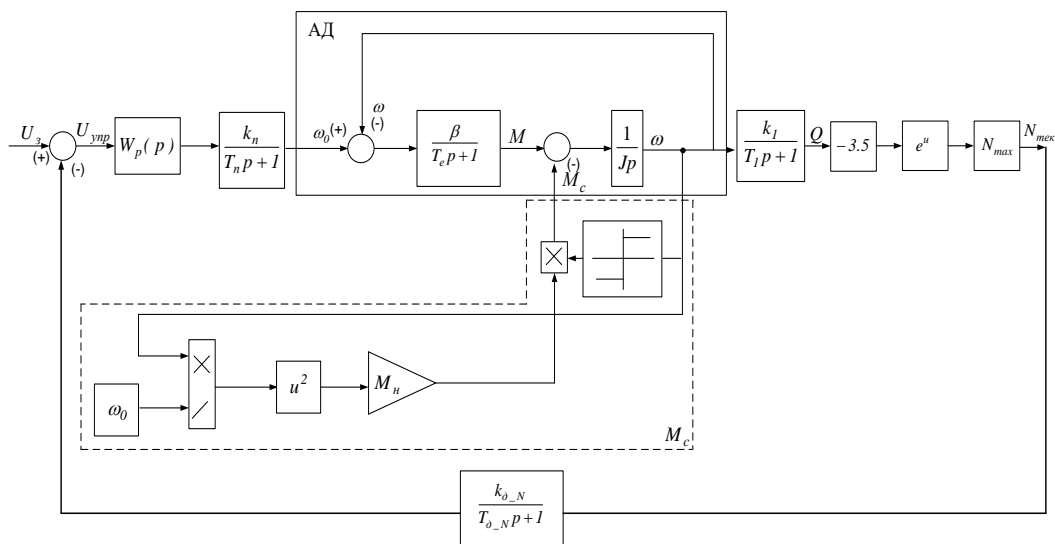


Рисунок 3 – Структурна схема замкнутої системи регулювання іонізації повітря

При дослідженні системи ПЧ–АД, замкнутої за технологічним параметром, з метою стабілізації концентрації іонів у приміщенні, була розглянута система, яка виходить на заданий рівень у результаті зміни концентрації іонів, обумовленої наявним іонізуючим випромінюванням.

На рис. 4, 5 наведені графіки динамічних процесів замкнутої системи регулювання.

Для перевірки системи на відпрацювання завдання, у контурі стабілізації було відтворено збурюючий вплив, внаслідок чого концентрація іонів збільшилася (рис. 5, б).

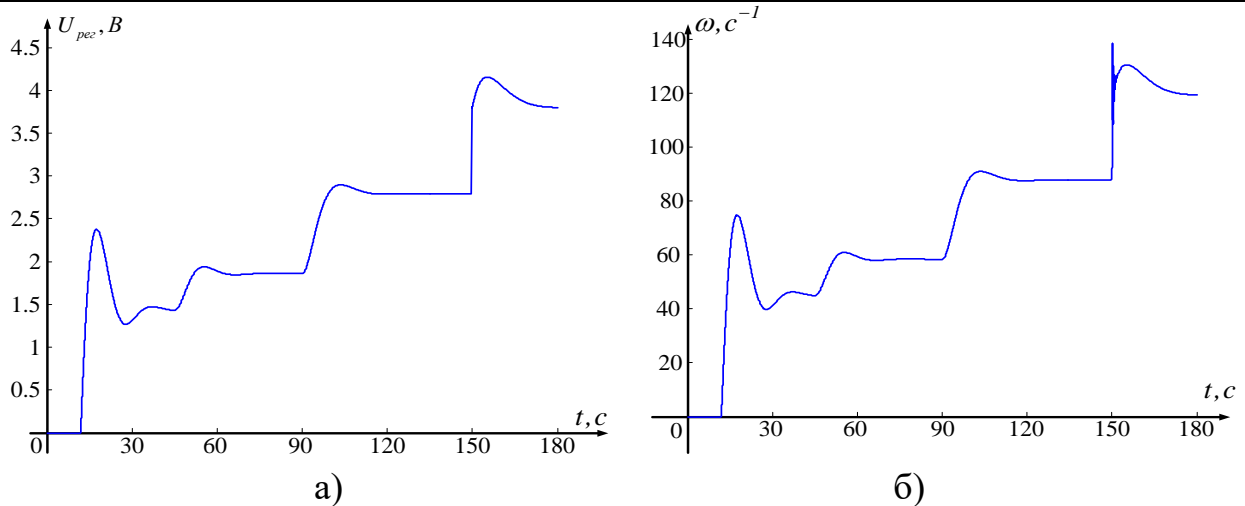


Рисунок 4 – Залежності напруги на регуляторі (а) і швидкості при стабілізації концентрації аеріонів (б)

Залежність концентрації аероіонів від витрати повітря наведена на рис. 5,а, де спостерігається за збільшенням швидкості обертання двигуна, концентрація аероіонів знижується (рис. 5,а). На момент $t=15$ с (рис. 5,б) відбувається збільшення кількості аероіонів до 9000 см^{-3} , що реєструються лічильником МАС–01, однак, система відпрацювала і повернула значення концентрації в контрольній точці на оптимальний рівень (4000 см^{-3}).

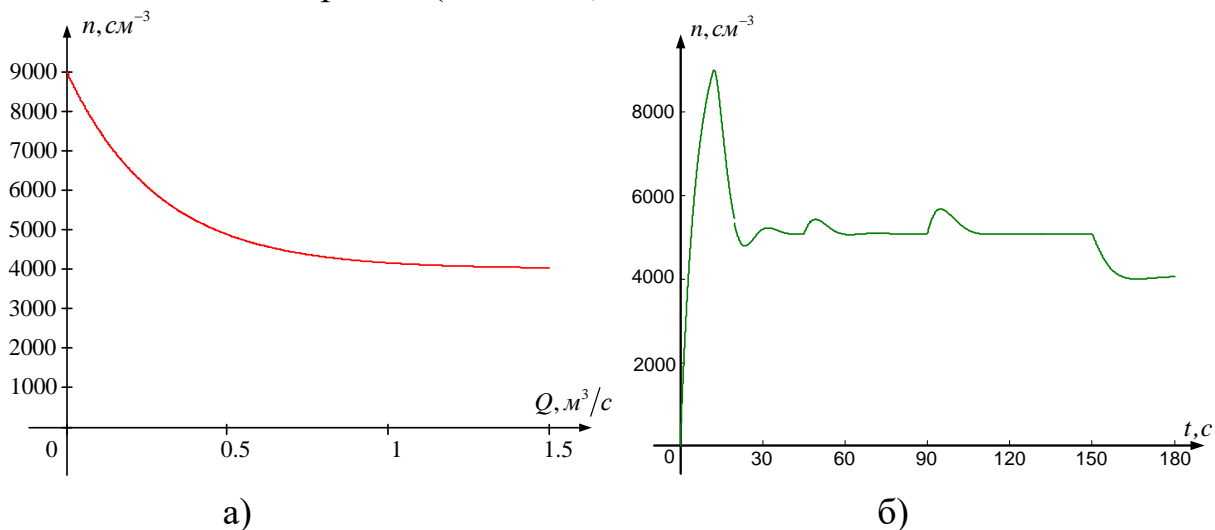


Рисунок 5 – Залежності зміни концентрації аеронів від витрати повітря (а) і стабілізація аеронів за нормований час (б)

Аналіз результатів моделювання підтверджує правильність запропонованого методу регулювання концентрації іонів у приміщеннях із підвищеним іонізуючим випромінюванням шляхом зміни швидкості обертання двигуна вентиляційної установки по системі ПЧ.

ВИСНОВКИ. Таким чином, проведені дослідження свідчать, що запропонована система мінімізації шкідливого впливу іонізуючого випромінювання в приміщеннях забезпечує:

- приведення концентрації аероіонів до оптимального рівня, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам і позитивно впливає на самопочуття та здоров'я людей;

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

- створює умови для ефективного контролю та управління іншими шкідливими факторами повітряного середовища в нестандартних приміщеннях, завдяки зміні режимів роботи вентиляційної установки залежно від параметрів середовища;
- надає перспективу подальшого вивчення зазначених процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чижевский А.Л. Аэронификация в народном хозяйстве. – М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.
2. Коваленко О.В., Акіменко В.Я. Гігієнічні критерії оптимізації іонізованості повітря приміщень багатофункціональних житлових комплексів // Гігієна населених місць. – 2007. – Вип. 49. – С. 198–211.
3. Артамонова В.Г., Мухин Н.А. Профессиональные болезни. – М.: Медицина, 2004. – 480 с.
4. Профессиональные болезни. / В.В. Косарев, В.С. Лотков, С.А. Бабанов. – М.: Эксмо, 2009. – 352 с.
5. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 231 с.
6. Радоновая безопасность зданий. / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 180 с.
7. Уткин В.И. Газовое дыхание Земли // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. – С. 57–64.
8. Юркова И.А. Особенности изменения концентрации радона в воздухе в зависимости от типа вентиляции // Радиационная безопасность Урала и Сибири: матер. конф. – Екатеринбург: ЕС НИО, 1997. – С. 62–63.
9. Сукач С.В. Дослідження впливу систем вентиляції на аероіонний склад повітря в нестандартних приміщеннях // Проблеми охорони праці в Україні. – Вип. 30. – К.: ННДПБОП, 2015. – С. 58–66.
10. Черный А.П., Луговой А.В. и др. Моделирование электромеханических систем: учебное пособие. – Кременчуг, 1999. – 204 с.

TECHNICAL SOLUTIONS TO MINIMIZE DAMAGE INFLUENCE ON WORKERS IN HIGH IONIZING RADIATION

S. Sukach, V. Ogar

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: sergvs69@mail.ru

R. Levkivskiy

Kherson State Maritime Academy

prosp. Ushakova, 20, Kherson, 73000, Ukraine. E-mail: rn_levkovskiy@ukr.net

Purpose. Automated ventilation system development and research on minimizing of high ionizing radiation harmful effects for workers. **Methodology.** Proposed air ionization system and its work algorithm for experimental research on ionic stabilization of air ventilation system. Designed control system with feedback on the ions concentration with using package MATLAB–SIMULINK based on mathematical equations that describe the function of automated ventilation system element. **Results.** Shown that the

proposed ventilation system work algorithm in areas with increased ionizing radiation provides bringing ion concentration to the optimum level, which have positively affect for the health; creating conditions for effective control and management of basic physical factors air pollution by changing operating modes with depending on the parameters of the environment. **Originality.** The ventilation system and its work algorithm provide effective control of the physical parameters of air ions concentration and compliance with optimal performance. **Practical value.** Developed automated ventilation system by changing operating modes with depending on the ions concentration in high ionizing radiation save the physical parameters of the air in accordance with accepted standards and economical using of energy resources. References 10, figures 5.

Key words: aeroions concentration, airionising, ventilation system, work algorithm.

REFERENCES

1. Chizhevsky, A.L. (1989), *Aeronifikazija v narodnom hozjajstve* [Aeroionifikatsiya in the national economy], Stroyizdat, Moscow, USSR.
2. Kovalenko, A.V., Akimenko, V.Y. (2007), "Hygienic optimization criteria ontvangst indoor air multifunctional residential complexes", *Hygiena naselenih misz*, vol. 49, pp. 198–211.
3. Artamonova, V.G., Mukhin, N.A. (2004), *Professionalnie bolezni* [Occupational diseases], Medicine, Moscow, Russia.
4. Kosarev, V.V., Lotkov, V.S., Babanov, S.A. (2009), *Professionalnie bolezni* [Occupational diseases], Eksmo, Moscow, Russia.
5. Zhukovsky, M.V., Yarmoshenko, I.V. (1997), *Radon: izmereniye, dozi, ozenka riska* [Radon: measurement, dose, risk assessment], UrO RAS, Ekaterinburg, Russia.
6. Zhukovsky, M.V., Kruzhalov, A.V., Gurvich, V.B., Yarmoshenko, I.V. (2000), *Radonovaja bezopasnost zdaniy* [Radon safety of buildings], Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia.
7. Utkin, V.I. (1997), "Gas Breath of the Earth", *Soros Educational Journal*, pp. 57–64.
8. Jurkova, I.A. (1997), "Features of change of the concentration of radon in the air depending on the type of ventilation", *Radiation Safety of the Urals and Siberia: mater. Conf.*, EU Research Department, Ekaterinburg, pp. 62–63.
9. Sukach, S.V. (2015), "The influence of ventilation on agroionic composition of air in unusual spaces", *Problemi ohoroni prazi v Ukraini*, vol. 30, pp. 58–66.
10. Chernyi, A.P., Lugovoy, A.V. etc. (1999), *Modelirovanie electromekhanicheskikh system* [Modeling of electromechanical systems], Kremenchug, Ukraine.

Стаття надійшла 22.12.2016.