

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

Запорожець А.О.

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Моніторингом навколишнього середовища запропоновано називати систему повторних спостережень одного і більше елементів навколишнього природного середовища в просторі і в часі з певними цілями відповідно до раніше підготовленої програми. Блок-схема процесу моніторингу представлена на рис. 1.

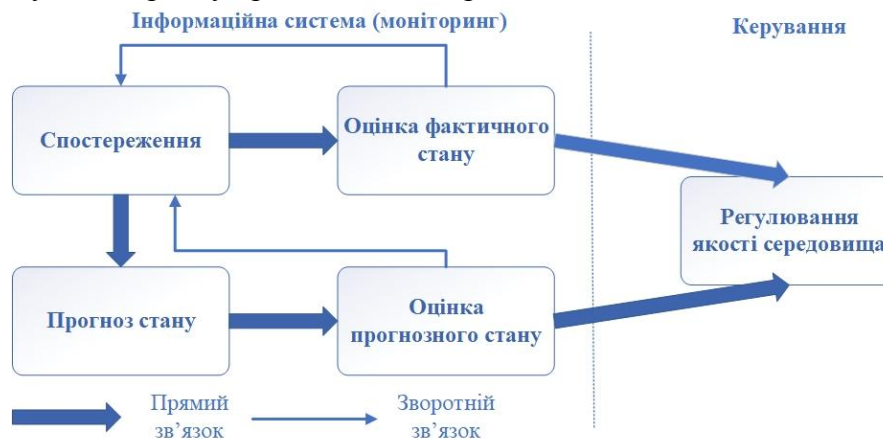


Рис. 1. Блок-схема системи моніторингу

Основні цілі екологічного моніторингу полягають в забезпеченні системи управління природоохоронної діяльності своєчасною та достовірною інформацією, що дозволяє [1]:

- оцінити показники стану та функціональної цілісності екосистем;
- виявити причини зміни цих показників і оцінити наслідки таких змін, а також визначити коригувальні заходи в тих випадках, коли цільові показники екологічних умов не досягаються;
- створити передумови для визначення заходів щодо виправлення негативних ситуацій, що можуть бути створені, до того, як буде завдано шкоди.

У зв'язку з цим основними завданнями екологічного моніторингу є:

- спостереження за джерелами і факторами антропогенного впливу, за станом природного середовища та процесами, що в ній відбуваються, під впливом факторів антропогенного впливу;
- оцінка фактичного стану природного середовища, прогноз зміни стану природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу і оцінка прогнозованого стану природного середовища.

У загальному вигляді структурна схема моніторингу показана на рис. 2.

З цієї схеми випливає, що її основними частинами є блок контролю (система пунктів отримання інформації) та блок керування (прогнозно-діагностичний і керуючий центри), пов'язані між собою каналами передачі інформації. Важливими елементами

структури моніторингу є: система об'єкту моніторингу (повітря); системи виробничих робіт, що становлять виробничу базу моніторингу (види робіт, які використовуються при організації та проведенні моніторингу); системи науково-методичних розробок (розробка всього комплексу методик, які використовуються при плануванні, організації і функціонуванні моніторингу, при проведенні виробничих робіт, при аналізі та оцінці результатів спостережень, при прогнозуванні та видачі керуючих рішень); системи технічного забезпечення (апаратура для спостережень і збору первинної інформації, сенсори, індикатори, технічні засоби, автотранспорт, лабораторне обладнання, комп'ютери та засоби зв'язку і комунікацій та ін.).

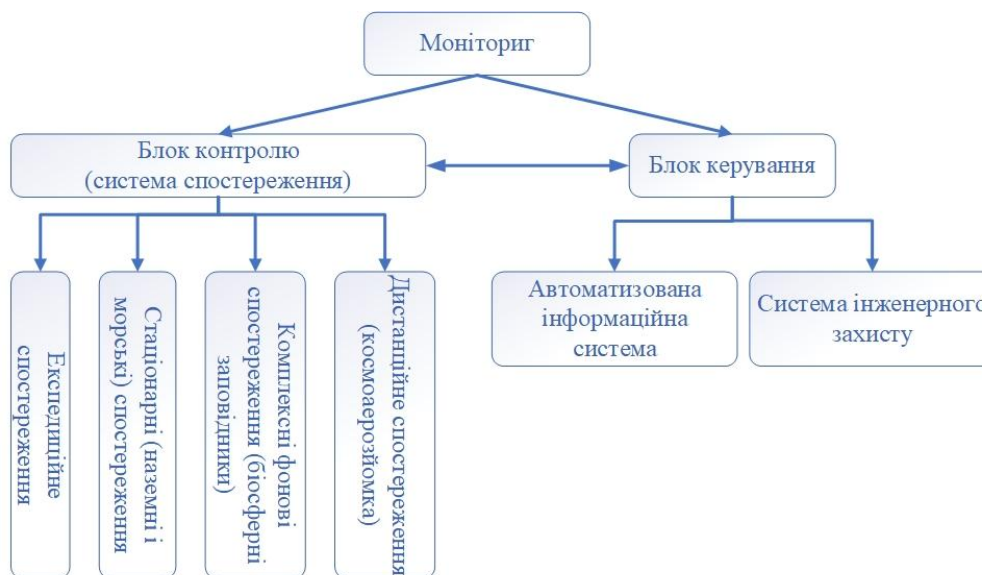


Рис. 2. Структурна схема моніторингу

Наукові дослідження в області охорони навколишнього середовища зараз зорієнтовані на зниження можливих негативних наслідків того чи іншого виду господарської діяльності, спрямовані на розробку ефективних методів очищення газових викидів і стічних вод, на обґрунтування норм допустимих впливів на природні екосистеми. Серед таких досліджень особливе місце займають дослідження по створенню і застосуванню систем моніторингу повітряного середовища.

Для встановлення рівня забруднення атмосферного повітря різними домішками, що викидаються існуючими чи перспективними джерелами, а також характеру змін полів концентрації домішок по території і в часі, розробляються електронні карти забруднень повітря, побудовані за результатами, отриманих зі стаціонарних постів спостережень за станом атмосфери і систем екологічного моніторингу.

Основні процедури задачі моніторингу забруднення атмосфери [2]:

- виділення об'єкта спостереження;
- обстеження виділеного об'єкта спостереження;
- складання інформаційної моделі для об'єкта спостереження;
- планування вимірювань;
- оцінка стану об'єкта спостереження та ідентифікація його інформаційної моделі;
- прогнозування зміни стану об'єкта спостереження;
- подання інформації в зручній для використання формі і доведення її до споживача.

Екологічна інформація надходить в центральний диспетчерський пункт, який здійснює: збір, аналіз і зберігання інформації про транскордонне перенесення домішок в

атмосфері; прогнозування переносу домішок на основі метеорологічних даних; ідентифікацію районів викидів і джерел; реєстрацію і розрахунок випадіння домішок з атмосферного повітря на підстилаючу поверхню та інші роботи.

Спостереження за вмістом полутантів в повітрі населених пунктів України входить до обов'язків Українського гідрометцентру, що входить до складу Державної служби з надзвичайних ситуацій у складі Міністерства внутрішніх справ. Моніторинг здійснюється відповідно до Постанови Кабінету міністрів №343 від 9 березня 1999 року та Керівництва з контролю забруднення атмосфери РД 52.04.186-89, затвердженого ще в ССРСР. Згідно РД 52.04.186-89, майже половина викидів забруднюючих речовин (45%) генеруються тепловими електростанціями.

Дослідження концентрації забруднюючих речовин в повітрі проводять за допомогою відбору проб на стаціонарних постах. Кількість постів визначається розміром міста і особливостями структури його промисловості, і знаходиться в межах від 1 поста (для міст з населенням до 50 тисяч) до 20 постів (для міст з населенням понад 1 млн). В 2016 році в Україні функціонувала наступна кількість постів: 16 – в Києві; 10 – в Харкові; 8 – в Одесі; 6 – в Дніпрі; по 5 – в Запоріжжі, Кривому Розі, Маріуполі. В інших обласних центрах кількість постів не перевищувала 4.

Відбір проб проводиться за визначеними часовими проміжками відповідно до однієї з 4 програм спостереження: повної, неповної, скороченої чи добової. Повна програма передбачає відбір проб в наступних часових точках: 01:00, 07:00, 13:00, 19:00; неповна – 07:00, 13:00, 19:00; скорочена – 07:00, 13:00; добова програма передбачає неперервні спостереження.

На відміну від України, де дані про концентрацію забруднення існують лише на постах, підхід Європейського Союзу (ЄС) передбачає неперервність спостережень у просторі. Для цього територія держави умовно поділяється на відповідні зони чи агломерації. Агломераціями вважаються міста з населенням понад 250 тис.

Покривати всю територію пунктами відбору проб є нераціональним рішенням, тому в ЄС використовують різні підходи: відбір проб (фіксовані вимірювання), індикативні вимірювання та моделювання. Метод відбору проб має найвищу точність визначення концентрації забруднюючих речовин. При індикативному вимірюваннях та моделюванні визначення концентрацій полутантів відбувається опосередковано. Такі вимірювання мають меншу точність (в порівнянні з відбором проб), проте вони мають значні переваги – відносно дешева реалізація та можливість збільшення площі, на якій проводиться вимірювання.

На теперішній час організація та методологія моніторингу якості атмосферного повітря в Україні не відповідає стандартам ЄС. В Україні для міста за населенням близько 3 млн необхідно мати від 10 до 20 постів, тоді як директива ЄС для міста такого ж розміру встановлює мінімальне значення постів в межах 4. Перелік речовин, за яким ведеться спостереження в Україні, не відповідає актуальним потребам. В Києві, наприклад, проводиться моніторинг близько двадцяти полутантів. При цьому, поза увагою залишаються РМ2.5 та РМ10, озон, бензен, миш'як, ртуть. У ЄС програма спостережень формується на основі порогових рівнів, перевищення яких визначає необхідність впровадження певного виду моніторингу. Це дозволяє не вимірювати велику кількість речовин, зосередившись при цьому на основних забрудниках [3].

Для здійснення моніторингу забруднення навколишнього середовища розроблені різні автоматизовані системи контролю забруднення повітря (АСКЗП). Багато з них використовуються різними екологічними службами і підприємствами.

Задачі, що дозволяє вирішувати АСКЗП:

- 1) автоматичне спостереження і реєстрація концентрацій забруднюючих речовин;

2) аналіз отриманої інформації з метою визначення фактичного стану забруднення повітряного простору;

3) прийняття екстрених заходів по боротьбі із забрудненням;

4) прогнозування рівня забруднення;

5) вироблення рекомендація для поліпшення стану навколишнього середовища;

6) уточнення та перевірка розрахунків розсіювання домішок.

АСКЗП розраховані на вимірюванні концентрації одного або декількох речовин: CO, NO, NO₂, SO₂, O₃, NH₃, H₂S, CH, CH₄, C₆H₆, C₆H₅CH₃, C₆H₅OH, CH₂O, C₈H₈, C₈H₁₀, HNO₂, C₁₀H₈, O₂, CO₂, PM₁₀, PM_{2.5} (зважені речовини). Вимірювання даних речовин відбувається рядом специфічних сенсорів, зокрема електрохімічними, амперметричними, напівпровідниковими, п'єзокварцевими, фотометричними сенсорами з використанням волоконної оптики та індикаторних трубок, біосенсорами, сенсорами на базі поверхнево-активних волокон та ін. Разом з вимірюванням концентрації забруднюючих речовин проводять також вимірювання вологості, температури, тиску, напрямку і швидкості вітру. На рис. 3 представлена карта з даними, що надходять від АСКЗП в режимі реального часу (за даними www.aqicn.org) [4].

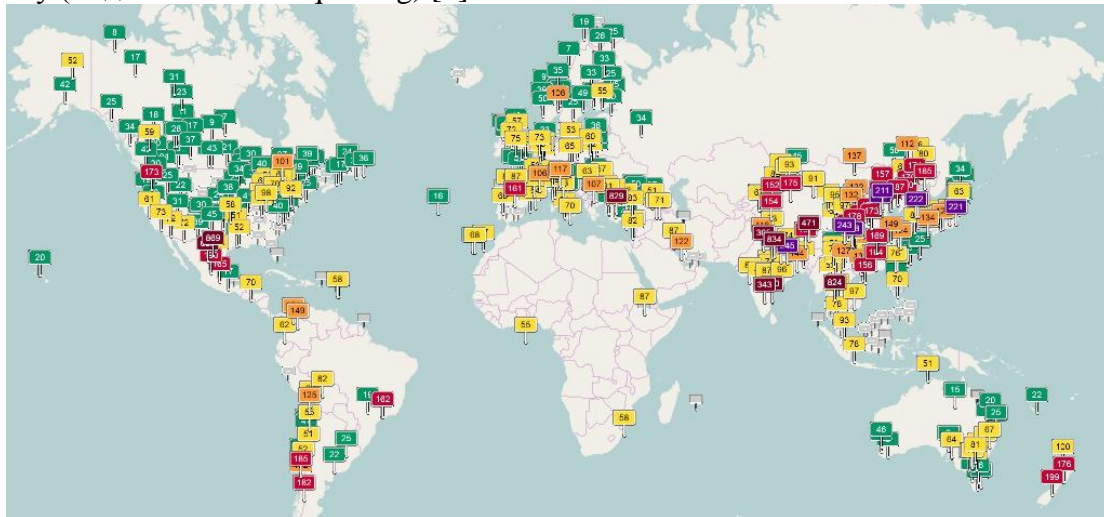


Рис. 3. Поширення АСКЗП в різних країнах за даними на 2017 р.

Як видно з рис. 3, на територіях України, Росії, Білорусії та інших країн СНГ майже відсутні АСКЗП, що можуть функціонувати за міжнародними стандартами та продукувати дані про склад повітря навколишнього середовища в режимі реального часу.

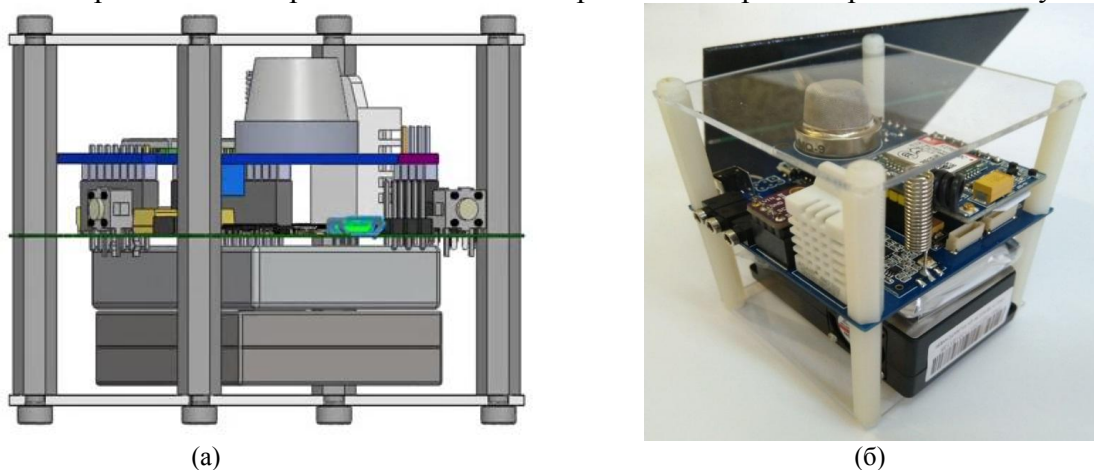
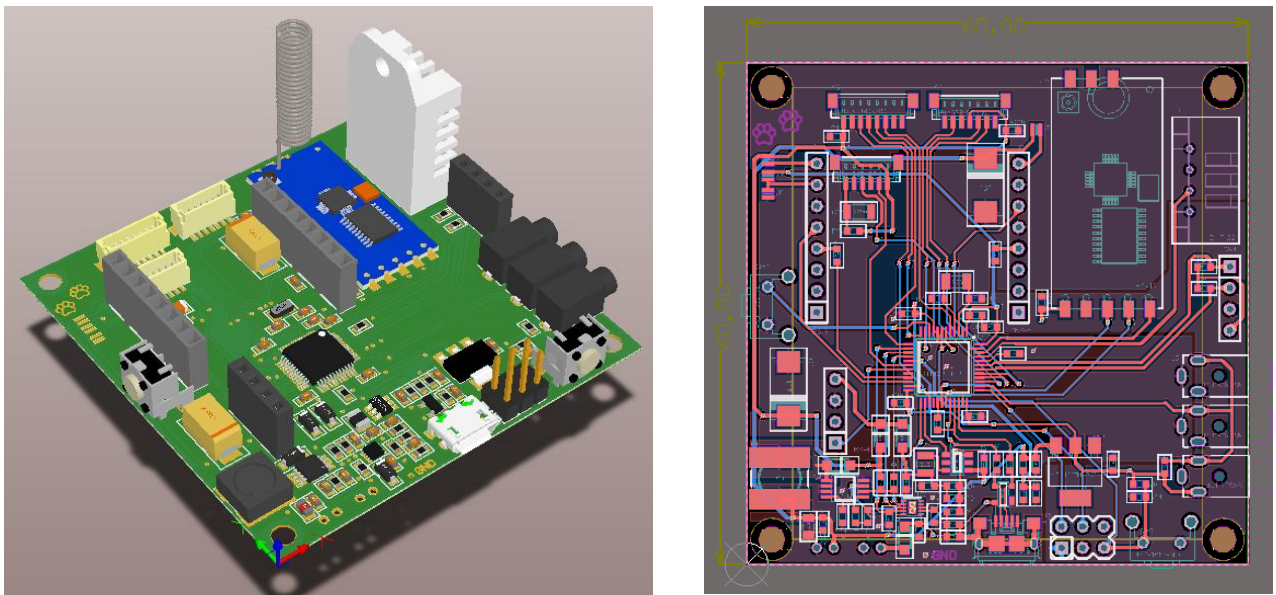


Рис. 4. Прототип вимірювального модуля системи моніторингу: а) 3-d модель; б) зовнішній вид

Враховуючи актуальність екологічної проблеми в світі, Інститут технічної теплофізики НАН України почав розробку систем діагностування теплоенергетичного обладнання, однієї з функцій якої є моніторинг за викидами від енергетичного обладнання [5, 6]. На рис. 4 зображено робочий прототип вимірювального модулю як елемент моніторингу забруднення навколишнього середовища. На рис. 5 показані електро-монтажні плати вимірювального модулю, розроблені в ході науково-дослідної роботи.

Особливістю використання даних модулів є можливість формування закритої системи вимірювання на основі mesh-мережі. На рис. 6 відображена функціональна схема взаємозв'язків вимірювальних модулів в системі моніторингу забруднення повітря на



базі mesh-мережі.

(а)

(б)

Рис. 5. Плата вимірювального модуля: а) 3D-модель; б) топологія в CAD-системі

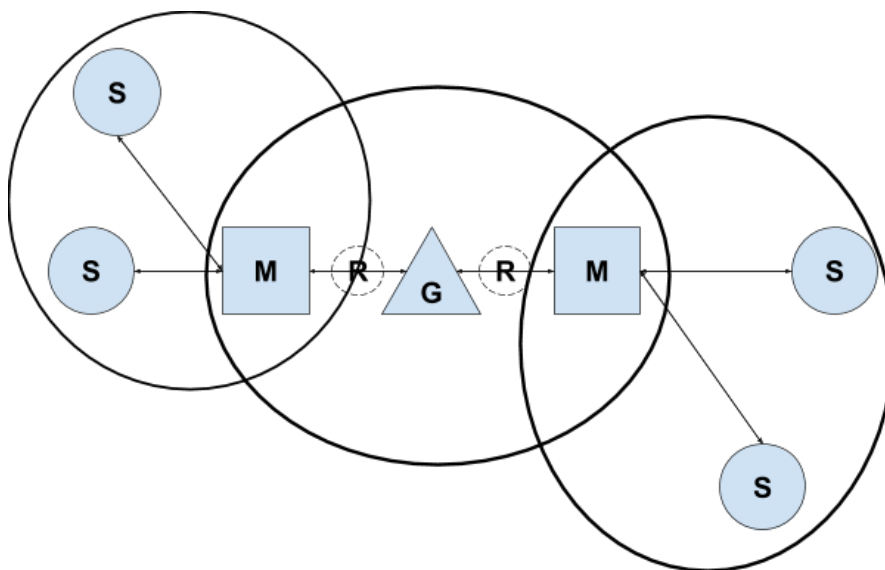


Рис. 6. Функціональна схема взаємозв'язку вимірювальних модулів системи моніторингу повітря

Механізм установки з'єднань заснований на періодичній посилці стандартного повідомлення «відкрити з'єднання». У відповідь на нього може бути отримано повідомлення «авторизація з'єднання» або «закриття з'єднання». З'єднання між двома сусідніми Mesh

Point (MP) вважається встановленим тоді і тільки тоді, коли обидва MP послали один одному команди «відкрити з'єднання» і відповіли підтвердженням з'єднання (в будь-якій послідовності). Для кожного встановленого з'єднання передбачено час життя, протягом якого воно має бути використано або підтверджено [7].

Режим енергозбереження в mesh-мережах є опціональним. Так, MAP-вузли завжди активні, оскільки в будь-який момент до них можуть звернутися пристрої, які не підтримують 802.11s і відповідний режим енергозбереження. Однак для пристроїв з автономним живленням (різного роду сенсори, ноутбуки, телефони і т.п.) енергозбереження – актуальне завдання.

Вузли мережі зобов'язані повідомляти про свою здатність підтримувати сплячий (енергозберігаючий) режим. Для цього використовується інформаційне поле можливостей (сапабіліти information field) в бікона і у відповідях на пробні пакети. У цьому ж полі повідомляється, що вузол знаходиться в режимі енергозбереження або має зв'язок з вузлом, який перебуває в цьому режимі.

Якщо пристрій, який хоче працювати в режимі енергозбереження, бачить, що його сусід не підтримує цю можливість, то він може або не встановлювати з'єднання з таким пристроєм, або встановити його, але відмовитися від переходу в режим енергозбереження. Вузол не може переходити з активного режиму в режим енергозбереження (і назад), поки не проінформує всі пристрої, з якими у нього встановлено з'єднання, про своє бажання переключитися. Для інформування «сусідів» про зміну режиму енергозбереження використовуються порожні пакети даних (null-data frame).

На теперішній час ведеться широке розгортання мережі моніторингу забруднення повітря, що працює на домені eco-city.org.ua. Вже функціонує більше 50 пристроїв по всій території України, що вимірюються концентрації таких речовин, як PM2.5, PM10, CO₂, CH₂O, CO, NO₂, NO, NH₃, O₃, O₂, температуру, тиск, вологість [8]. Проводяться подальші дослідження можливості розвитку та масштабування системи.

1. Горюнкова А.А. Современное состояние и подходы к разработке систем мониторинга загрязнения атмосферы // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – №11. – С. 251-260.
2. Artemchuk, V.O. and al. (2017). *Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects*. Kyiv, Ukraine: TOV «Nash format».
3. Пальцем в небо? Як Україна вимірює забруднення повітря. – Режим доступу: <https://mistosite.org.ua/ru/articles/paltsem-v-nebo-yak-ukraina-vymiriuiie-zabrudnennia-povitria>
4. Запорожець А. О. Аналіз засобів моніторингу забруднення повітря навколишнього середовища / А. О. Запорожець // Наукоємні технології. – 2017 – Т. 35. – №3. – С. 242-252. doi: 10.18372/2310-5461.35.11844
5. Запорожець А. А. Особенности применения технологии Smart Grid в системах мониторинга и диагностирования теплоэнергетических объектов / А. А. Запорожец, А. Д. Свердлова // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2017. – №2. – С. 33-41. doi: 10.15407/tdnk2017.02.05
6. Запорожець А. О. Аналіз методів діагностування теплоенергетичних об'єктів / А. О. Запорожець, А. Д. Свердлова // Наукоємні технології. – 2017. – Т. 35. – №3. – С. 259-265. doi: 10.18372/2310-5461.35.11846
7. Свердлова А.Д. Особенности mesh-сети для диагностирования энергетического оборудования на базе мультисенсорных систем / Мультидисциплинарный научный журнал «Архивариус». – №7(40). – С. 85-91.
8. Zaporozhets A.O. Method of indirect measurement of oxygen concentration in the air / A.O. Zaporozhets, O.O. Redko, V.P. Babak, V.S. Eremenko, V.M. Mokiychuk // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2018. – №5. – P. 105-114. doi: 10.29202/nvngu/2018-5/14.