

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЕКОЦИДУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто актуальність та методи моніторингу технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури, зокрема систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря (ОВК). За результатами аналізу аналітичних та експериментальних досліджень підкреслено доцільність використання стійких (резильєнтних) інженерних рішень, здатних забезпечувати якісний мікроклімат в умовах підвищеної безпекової напруженості та обмеженого доступу. Запропоновані підходи що включають використання багаторівневої фільтрації, автономних джерел живлення та локального резервування, телевізійний контроль та автоматичне регулювання допомагає підтримувати задані параметри мікроклімату в приміщеннях, що забезпечує найбільш оптимальні умови з найменшими витратами на підтримання оптимальної температури приміщення, вологості, концентрації вуглекислого газу (CO₂), дозволить запропонувати заходи що забезпечать стабільне функціонування стратегічних об'єктів та швидкої оцінки пошкоджень та визначення пріоритетів відновлення функціональності систем (ОВК).

Ключові слова: інженерні системи, надійність, мікроклімат, діагностування, технічний стан.

Abstract

The relevance and methods of monitoring the technical condition of engineering infrastructure objects, particularly Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) systems, are considered. Based on the analysis of analytical and experimental studies, the expediency of using resilient engineering solutions capable of ensuring a high-quality indoor climate under conditions of increased security tension and limited access is emphasized. The proposed approaches, which include the use of multi-level filtration, autonomous power sources and local redundancy, television monitoring, and automatic control, help maintain the specified microclimate parameters in the premises. This ensures the most optimal conditions with minimum costs for maintaining the optimal room temperature, humidity, and carbon dioxide (CO₂) concentration. These approaches will allow for the proposal of measures that ensure the stable functioning of strategic facilities and the rapid assessment of damage and prioritization of the restoration of HVAC system functionality.

Keywords: engineering systems, reliability, microclimate, diagnostics, technical condition.

Вступ

Повномасштабна військова агресія та спричинений нею воєнний екоцид в Україні створили безпрецедентні виклики для функціонування критичної інженерної інфраструктури, зокрема систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря (ОВК). Екоцид проявляється не лише у фізичному руйнуванні об'єктів (житлових будівель, ТЕЦ, водогонів), але й у довготривалому забрудненні територій токсичними речовинами, продуктами горіння та вибухівки. Традиційні підходи до розрахунку та забезпечення надійності систем мікроклімату не враховують комбінованої дії таких чинників, як: фізична руйнація елементів систем (ударна хвиля, уламки); тривалі перебої в енерго- та водопостачанні; хімічне та аерозольне забруднення повітря і ґрунту, що призводить до корозії та виходу з ладу обладнання (наприклад, фільтрів, теплообмінників); дефіцит ресурсів та неможливість оперативного обслуговування в небезпечних зонах.

Це вимагає розроблення нових, стійких (резильєнтних) інженерних рішень, здатних забезпечувати якісний мікроклімат (особливо в укриттях, лікарнях, тимчасових модульних містечках) в умовах високого ризику. Використання багаторівневої фільтрації, автономних джерел живлення та локального резервування, телевізійний контроль та автоматичне регулювання забезпечують органи управління актуальними даними для прийняття ефективних рішень щодо забезпечення

функціонування систем (ОВК) що критично важливо для підвищення стійкості систем (ОВК) в умовах воєнного екоциду.

Результати досліджень

Резервування, інтелектуальне управління технічного стану та функціонування систем (ОВК) як IoT діагностика є однією з сучасних технологій, що забезпечує високу точність, оперативність та безпеку контролю в умовах підвищеної безпекової напруженості. Так Інтелектуальне Управління та Діагностика (IoT та BMS) дозволяють проводити комплексну та безперервну діагностику критично важливих параметрів систем (ОВК) спричиненої непередбачуваними зовнішніми факторами, класифікувати та аналізувати фактори (забруднення, механічні пошкодження) та їхній вплив на елементи систем ОВК (теплообмінники, фільтри, автоматика). Дистанційний контроль: дозволяє проводити моніторинг об'єктів, розташованих в небезпечних або окупованих зонах, мінімізуючи ризики для персоналу.

Використання IoT-датчиків (вібрації, температури підшипників, струму двигунів, тиску та ін.) та машинного навчання (ML), забезпечують отримання важливої інформації про стан систем (ОВК). Результатом є адаптивне управління фільтрацією та вентиляцією, автоматично захищаючи внутрішнє середовище від критичного зовнішнього забруднення, система аналізує робочі параметри, прогнозує ймовірність відмови компонента (наприклад, вентилятора або компресора, забруднення фільтрів) до того, як вона фактично станеться. Це дозволяє провести обслуговування проактивно, а не реактивно.

Отримані дані проходять комплексну обробку та інтегруються до бази даних де постійне збереження історичних даних про роботу обладнання, у разі збою дозволяє швидко провести аналіз кореневих причин і запобігти повторенню проблеми, а також оцінити динаміку їхнього розвитку. Результати аналізу є підґрунтям розроблення проєктних рішень та оперативного планування відновлювальних робіт. При цьому забезпечується мінімізація часу реагування на аварійні ситуації та знижуються ризики масштабних наслідків внаслідок пошкодження систем (ОВК).

Висновок

Діагностика (IoT та BMS) систем (ОВК) є досить ефективним способом для забезпечення безпеки, особливо в умовах воєнного часу. Цей підхід дає змогу оперативно та високоточно діагностувати вразливі компоненти системи (ОВК). Комплексне використання резервування, інтелектуальне управління технічного стану та функціонування систем (ОВК) як IoT діагностика не лише фіксує пошкодження, але й дозволяє прогнозувати ризики їх розвитку. Таким чином використання багаторівневої фільтрації, автономних джерел живлення та локального резервування, телевізійний контроль та автоматичне регулювання є надійним елементом системи управління з мінімізації загрози відмови систем (ОВК) та сприяє забезпеченню надійності, стійкості і безперебійності роботи життєво важливої інженерної системи (ОВК).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лялюк, О. Г. Моніторинг довкілля: навчальний посібник / О. Г. Лялюк, Г. С. Ратушняк. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 140 с.
2. ДБН В.2.5-67:2013 : Опалення, вентиляція та кондиціонування / М-во регіон. розвитку, буд-ва та житл.-комун. госп-ва України. — К., 2013. — 168 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016 : Теплова ізоляція будівель / М-во регіон. розвитку, буд-ва та житл.-комун. госп-ва України. — К., 2016. — 70 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 : Будівельна кліматологія / Мінрегіонбуд України. — К. : Мінрегіонбуд України, 2011. — 119 с. — (Державні стандарти України).
5. Verbert, K. Combining knowledge and historical data for system-level fault diagnosis of HVAC systems / K. Verbert, R. Babuška, B. De Schutter // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2017. – Vol. 59. – P. 260–273. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2016.12.021>.

Ратушняк Георгій Сергійович – професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ratusnag@gmail.com ORCID 0000- 0001-9656-5150

Замковий Сергій Васильович – аспірант, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: gosergrz@gmail.com

Ratushnyak Heorhiy Serhiyovych – Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ratusnakh@gmail.com ORCID 0000- 0001-9656-5150

Zamkovy Serhiy Vasyliovych – Postgraduate Student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: gosergz@gmail.com