

УДК 628.517(075)

О.О. Можаяєв, О.І. Баленко

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

*Проведено аналіз структури системи акустичного моніторингу (САМ). Запропонована інформаційна модель центру системи акустичного моніторингу. Розроблено функціональні схеми вимірювального комплексу та мережі передачі даних САМ.*

**Ключові слова:** концепція національного моніторингу акустичної обстановки, система акустичного моніторингу, імітаційна модель.

### Вступ

Проблема надмірної шуму є актуальною, оскільки шум є потужним стрессоформуючим фактором. За деякими оцінками більше третини всіх захворювань жителів сучасних міст пов'язані з тривалим впливом інтенсивного шуму. Вплив шуму при управлінні машинами, механізмами і процесами призводить до зниження уваги і реакції, що істотно підвищує ймовірність помилок, аварій та інших надзвичайних ситуацій. За рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я норма шуму в навколишньому середовищі обмежена значенням 55 дБ. При рівні шуму більше 80 дБ збільшення його на кожні 1 - 2 дБ викликає зниження продуктивності праці не менше ніж на 1% [1 - 5]. Одним із ефективних методів контролю акустичного шуму є розгортання і постійне функціонування систем моніторингу акустичної обстановки. На теперішній час найбільші успіхи в цій області досягнуті на авіаційному транспорті [6]. Поряд з помітними досягненнями такий галузевий підхід до моніторингу акустичної обстановки характеризується і рядом недоліків.

1. Вузьковідомче використання ресурсів загрожує дублюванням і нераціональним використанням коштів.

2. Вимоги різних відомств до акустичного моніторингу відрізняються повнотою, точністю і періодичністю реєстрованих даних. Це ускладнює уніфікацію зберігання даних, аналізу і прогнозу акустичної обстановки.

3. Моніторинг акустичної обстановки носить виключно об'єктовий характер, що дає вельми обмежену інформацію про просторові характеристики забруднення акустичної обстановки.

4. Відповідно до статті 43 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» від 16 жовтня 1992 організації, діяльність яких може призвести до забруднення атмосферного повітря, зобов'язуються вести збір, обробку, зберігання та аналіз інформації про атмосферному повітрі засобами систем моніторингу [7]. Таким чином, інформація накопичується на підпри-

ємствах, відповідальних за забруднення, що створює передумови для приховування або спотворення реального стану акустичної обстановки і веде до втрати органами державного управління контролю у цій галузі. Така загроза на даний час зростає у зв'язку з інтенсивною приватизацією підприємств транспорту, енергетики та будівництва [8, 9].

Від цих недоліків вільний централізований підхід до організації моніторингу акустичної обстановки на основі спеціальної державної служби акустичного моніторингу.

Метою даної статті є аналіз структури системи національного моніторингу акустичної обстановки.

### 1. Призначення національного моніторингу акустичної обстановки

Національний моніторинг акустичної обстановки призначений для об'єктивного та оперативного інформаційного забезпечення органів державного управління різних рівнів про стан акустичної обстановки в регіонах України. Відповідно до визначення метою моніторингу є опис, пояснення і прогноз всіх явищ, властивих об'єкту спостереження. Тому моніторинг акустичної обстановки покликаний забезпечити вирішення наступних завдань: контроль відповідності встановленим вимогам характеристик акустичних сигналів і шуму антропогенного і природного походження; визначення акустичної ефективності методів і заходів зниження шуму; отримання інформації, необхідної для визначення компенсацій, платежів або штрафів за заподіяну шумом збиток; накопичення об'єктивних статистичних даних про рівень акустичних шумів в місцях антропогенного і природного акустичного впливу; поліпшення планування використання земельних ділянок та підготовки звітів про акустичний вплив на навколишнє середовище.

### 2. Національна система моніторингу акустичної обстановки

Для організації моніторингу акустичної обстановки доцільно створити спеціальну державну

службу із залученням сил і засобів усіх зацікавлених відомств. Ця служба буде здійснювати моніторинг акустичної обстановки за допомогою однойменної системи, розробленої і розгорнутої на основі ретельно узгоджених відомчих вимог до оцінки акустичної обстановки.

Центри будуються за уніфікованою схемою, наведеною на рис. 1. Центр здійснює контроль акустичної обстановки в межах зони своєї відповідаль-

ності в безперервному режимі силами чергової зміни. Кожен номер чергової зміни виконує свої функції на автоматизованому робочому місці (АРМ). Основою АРМ є персональний комп'ютер з комплексом спеціалізованого програмного забезпечення, призначеного для прийому, зберігання, обробки, аналізу, прогнозу, відображення і документування стану акустичної обстановки в зоні відповідальності центру.

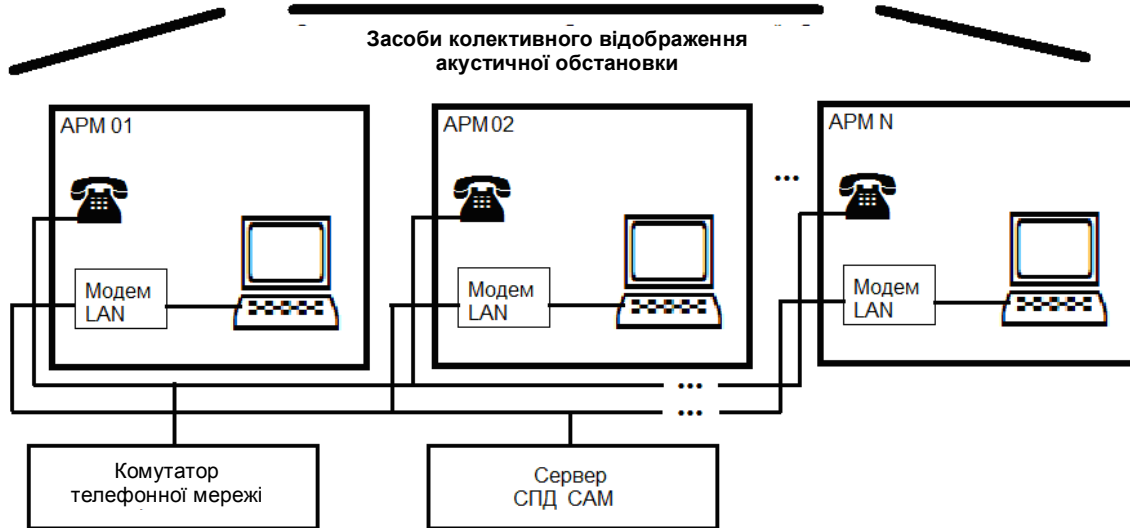


Рис. 1. Інформаційна модель центру САМ

Для ефективного та сталого функціонування системи моніторингу акустичної обстановки в її штатно-організаційній структурі необхідно передбачити технічний відділ, відповідальний за підтримання технічного стану технічних засобів системи та відділ алгоритмів і програм, відповідальний за стан і модернізацію програмного забезпечення системи. Оскільки одним із завдань моніторингу є отримання інформації, необхідної для визначення компенсацій, платежів або штрафів за заподіяну шумом збиток, до складу системи можливе включення юридичного відділу, проте, остаточне рішення про доцільність цього кроку потребує додаткових дослідженнях, оскільки істотно змінить повноваження системи і підвищить її складність.

### 3. Принципи побудови системи національного моніторингу акустичної обстановки

Найбільш ефективним методом контролю акустичної обстановки є розгортання і постійне функціонування систем акустичного моніторингу. Аналіз літератури свідчить про різке зростання числа робіт по акустичному моніторингу за останні п'ять років, протягом яких колектив кафедри займається цими проблемами [9]. Розширюється спектр застосування систем акустичного моніторингу. Зародившись в 60-70 роках як засіб екологічного контролю рівня шуму

в аеропортах, акустичний моніторинг останнім часом все частіше використовується для боротьби зі злочинністю, терористичними загрозами і як засіб аналізу різноманітних надзвичайних ситуацій антропогенного і природного характеру.

У статті [9] пропонується концепція національного моніторингу акустичної обстановки в інтересах об'єктивного інформаційного забезпечення органів державного управління. Розглядаються основні положення концепції. З метою організації такого моніторингу пропонується створити спеціальну державну службу та оснастити її відповідною системою. Обговорюються першочергові заходи, спрямовані на розробку і створення системи акустичного моніторингу. Невирішеними залишаються актуальні завдання побудови основних елементів системи акустичного моніторингу, а саме вимірювальних засобів, системи передачі даних, системи обробки даних та прийняття рішення.

**3.2.1 Принципи побудови вимірювальних засобів системи акустичного моніторингу.** Вимірювальний комплекс (ВК) системи акустичного моніторингу (САМ) призначений для безперервного ведення акустичного спостереження за станом звукового поля в зоні своєї відповідальності і видачі результатів спостережень в Центр САМ. При високій важливості позиції, високої інтенсивності акустичних подій і наявності в районі позиції високо-

швидкісний зв'язковий інфраструктури ІК може додатково виконувати завдання відеореєстрації таких подій у зоні своєї відповідальності.

Основою ВК є акустична вимірювальна підсистема, що працює в пасивному режимі (на прийом). В інтересах мінімізації числа позицій (здешевлення САМ) стандартним рішенням є розміщення позиції ІК в центрі його зони відповідальності. При цьому діаграма спрямованості акустичної підсистеми повинна бути близькою до кругової. Залежно від необхідної функціональності ВК може бути запропонована одно-, дво- і багатоканальна компоновка цієї підсистеми. При одноканальній компоновці ВК забезпечує мінімальну функціональність, яка зводиться до реєстрації поточного рівня звукового тиску на позиції ВК і оцінці його спектрального складу. Акустичним подією при цьому вважається перевищення встановленого порогу звукового тиску та / або характерний спектральний патерн.

При такій компоновці визначення напрямку на джерело звуку і дальності до нього, а тим більше оцінка характеру цього джерела (стаціонарний, рухливий і т.д.) і компенсація фонових шумів [10] неможливі. Для вирішення цих завдань необхідна, принаймні, двоканальна компоновка. Така система відноситься до вимірювальних систем інтерференційного типу. Вона дозволяє визначати, в загальному випадку, напрямок і дальність до джерела звуку. Як відомо, із зростанням відстані між каналами інтерференційної системи збільшується точність вимірювання кутових координат, але виникає неоднозначність їх визначення. Для вирішення цієї суперечності і додання системі можливості одночасного спостереження за декількома джерелами використовується багатоканальна компоновка. Геометрично вона утворює антенну решітку тієї чи іншої конфігурації (лінійна, кругова, прямокутна) [9].

Аналіз даних моніторингу в складі ВК виконує підсистема обробки інформації. Вона призначена для виявлення важливих акустичних подій і оцінки їх параметрів і являє собою програмно-апаратний комплекс на платформі цифрового сигнального процесора.

Включення до складу ВК підсистеми відеореєстрації передбачає організацію управління засобами відеоспостереження в реальному масштабі часу. Під управлінням розуміється наведення камери на джерело звуку і фокусування на ньому. Для цього до складу підсистеми обробки інформації необхідно включити алгоритми пеленгації, вимірювання дальності і, можливо, траєкторної обробки джерел звуку. Результати цих операцій надходять в контур управління коштами відеореєстрації.

Дані аудіо- та відео- спостереження кодуються за допомогою стандартних промислових форматів представлення цифрових даних (MP-3, MPEG) і в

поточковому вигляді передаються до вищестоячого Центр САМ по каналах СПД. У зворотному напрямку надходять команди управління. Для цього до складу ВК включається підсистема кодування і передачі даних. Апаратно вона будується на основі стандартних технічних рішень. Попередня оцінка бітрейта заснована на тому, що частота дискретизації звукового сигналу становить 16 кГц. Цього достатньо для аналізу більшості джерел звуку природного та антропогенного походження, включаючи мову і звуки, характерні для надзвичайних ситуацій. При довжині кодового слова 16 біт та кодування на основі MP-3 бітрейт на один канал складає близько 32 кбіт/с. Багатоканальність збільшує бітрейт майже кратно. Канал відеореєстрації працює не постійно, а лише при виявленні акустичного події. При восьмибітному чорно-білому зображенні з дозволом на рівні VGA (768 × 480), мінімально можливою частотою кадрів 15 Гц і кодуванні MPEG канал відеореєстрації формує потокове відео з бітрейтом близько 8-10 Мбіт / с.

#### **4. Принципи побудови мережі передачі даних системи акустичного моніторингу**

Відповідно до Концепції САМ [9] система передачі даних акустичного моніторингу повинна забезпечувати передачу вимірювальної, телеметричної та командної інформації, що циркулює в САМ. Вимірювальна інформація містить безпосередні результати моніторингу у вигляді записів аудіо- і відеосигналів з вимірювальних засобів САМ в її центри різного рівня. Телеметрична інформація являє собою потік даних про поточний стан технічних засобів Системи (вимірювальні засоби, засоби СПД і центрів САМ). Командна інформація є потоком команд управління елементами САМ і доповідей про їх виконання. Переважна більшість циркулюючих в СПД інформаційних потоків генерується і обробляється в автоматичному режимі за допомогою відповідних технічних засобів, протоколів і спеціалізованого програмного забезпечення. Таким чином, СПД являє собою гетерогенну комп'ютеризовану мережу передачі даних [10].

Принцип побудови СПД САМ в значній мірі визначається остаточним складом зацікавлених відомств і вирішуваних нею завдань. Цілі і завдання САМ в найпростішому варіанті викладені в [9]. У цьому випадку інформація носить відкритий характер, і питання її безпеки не потребують спеціальної опрацювання. Така Система може комплектуватися СПД на основі орендованих каналів зв'язку загального призначення як провідних, так і бездротових. При пред'явленні до САМ жорстких вимог щодо оперативності та надійності функціонування, у тому числі в екстрених ситуаціях, побудова СПД слід

здійснювати на принципах, прийнятих в системах державного управління.

Розглянемо приклад побудови СПД відповідно до [9], схема якої наведена на рис 3. Автоматизовані робочі місця (АРМ) номерів чергової зміни Центру САМ через Сервер Центру та локальну мережу доступу (LAN) Центру підключені до мережі Інтернет. Розгорнуті на позиціях вимірювальні засоби САМ через місцеві локальні мережі (LAN1, LAN2, і т.д.) також підключені до Інтернету. Залежно від можливостей зв'язкової інфраструктури в околиці позиції вимірювальних засобів, а також наявності в складі вимірювальних засобів підсистеми відео реєстрації, пропонується три варіанти організації каналу передачі даних між засобами вимірювання і локальними мережами: провідні, бездротові на основі мобільної мережі стандарту GSM (CDMA) і бездротової локальної мережі стандарту 802.11.

Вимоги до пропускної здатності каналів передачі даних визначаються характером і темпом передачі даних і відношенням сигнал / шум в каналі. Найбільш вимогливим до пропускної спроможності компонентом є потокові мультимедійні (аудіо- і відео-) дані результатів моніторингу. Як показано вище, кожен звуковий канал вимірювальних засобів САМ має бітрейт близько 32 Кбіт / с, або 64 Кбіт / с при двоканальній системі. Канал відеореєстрації передбачає бітрейт близько 8-10 Мбіт / с. Стандартна пропускна спроможність каналів GSM (CDMA), доступна на більшій частині території України, становить на понад 240 Кбіт / с (режим EDGE). Таким чином, включення підсистеми відеореєстрації передбачає або ддротове підключення до Інтернету, або використання WLAN стандарту 802.11.

## Висновки

У статті проведено аналіз принципів побудови основних елементів системи акустичного моніторингу (САМ). В результаті встановлено:

1. Розглянуто призначення, склад, основні варіанти компоновки, відповідної їм функціональності вимірювальних засобів САМ.
2. Запропоновано сучасний підхід до обліку фактичного розсіювання акустичного поля на склад-

ному міському та природному ландшафті в інтересах раціонального побудови угруповання вимірювальних засобів САМ на місцевості.

3. Запропоновано деякі принципи побудови системи передачі даних САМ з урахуванням важливості та структури інформаційних потоків. Виконана попередня оцінка необхідної пропускної спроможності і запропоновані відповідні технічні рішення.

4. Обґрунтовано необхідність включення до складу системи обробки даних і прийняття рішення про акустичної обстановці автоматизованої системи оперативної підтримки чергових змін. Запропоновано інформаційну модель процесу моніторингу, що включає підтримку прийняття рішень в САМ.

## Список літератури

1. Дьяков А.Б. Экологическая безопасность транспортных потоков / А.Б. Дьяков, Ю.В. Игнатъев. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
2. Изяк Г.Д. Шум на судах и методы его уменьшения / Г.Д. Изяк, Э.А. Гомзиков. – М.: Транспорт, 1987. – 303 с.
3. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Н.И. Иванов. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424 с.
4. Основи акустичної екології: Навч. посібник / За редакцією В.С. Дідковського. – Кіровоград: ТОВ «Імекс ЛТД», 2002. – 520 с.
5. Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах / Н.И. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 272 с.
6. Авиационная акустика: в 2-х ч./ Под ред А.Г Мунина. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 320 с. Т. 2. – 294 с.
7. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992.
8. Порошин С.М. Основные положения концепции национального мониторинга акустической обстановки / С.М. Порошин // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 7 (114) – С. 3 – 5.
9. Основи акустичної екології: Навч. посібник / За редакцією В.С. Дідковського. – Кіровоград: поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2002. – 520 с.
10. Статкус А.В. Аналіз можливостей адаптивної компенсації акустичного шуму рейкового транспорту / А.В. Статкус, О.С. Сергієнко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 9 (107) – С. 86 – 91.

Надійшла до редколегії 16.04.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ф.М. Андреев, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

А.А. Можяев, А.И. Баленко

*Проведен анализ структуры системы акустического мониторинга (САМ). Предложена информационная модель центра САМ. Разработаны функциональные схемы измерительного комплекса и сети передачи данных САМ.*

**Ключевые слова:** концепция национального мониторинга акустической обстановки, система акустического мониторинга, имитационная модель.

## ANALYSIS OF STRUCTURE OF ACOUSTIC MONITORING SYSTEM

O.O. Mozhaev, O.I. Balenko

*The analysis of structure of the system of the acoustic monitoring is conducted (AMS). The informative model of AMS center is offered. The functional diagrams of measuring complex and AMS network are developed.*

**Keywords:** conception of the national monitoring of acoustic situation, acoustic monitoring system, simulation model.