

# Загальні питання

УДК 681.324:621.325

С.М. Порошин

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

## АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА АКУСТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

*Рассматриваются принципы построения основных элементов системы национального мониторинга акустической обстановки в интересах объективного информационного обеспечения органов государственного управления. К основным элементам системы относятся измерительные средства, сеть передачи данных и система оперативной поддержки действий дежурных смен. Типовые технические решения приводятся на уровне структурных схем. Обсуждаются несколько вариантов построения каждого элемента.*

**Ключевые слова:** система акустического мониторинга, акустическая обстановка, информационное обеспечение.

### Анализ современного состояния проблемы

Наиболее эффективным методом контроля акустической обстановки является развертывание и постоянное функционирование систем акустического мониторинга. Анализ литературы свидетельствует о резком возрастании числа работ по акустическому мониторингу за последние пять лет, в течение которых коллектив кафедры занимается этими проблемами [1 – 6]. Расширяется спектр применения систем акустического мониторинга. Зародившись в 60-70 годах как средство экологического контроля уровня шума в аэропортах, акустический мониторинг в последнее время все чаще используется для борьбы с преступностью, террористическими угрозами и как средство анализа разнообразных чрезвычайных ситуаций антропогенного и природного характера.

В статье [5] предлагается концепция национального мониторинга акустической обстановки в интересах объективного информационного обеспечения органов государственного управления. Рассматриваются основные положения концепции. С целью организации такого мониторинга предлагается создать специальную государственную службу и оснастить ее соответствующей системой. Обсуждаются первоочередные мероприятия, направленные на разработку и создание системы акустического мониторинга.

Нерешенными остаются **актуальные задачи** построения основных элементов системы акустического мониторинга, а именно измерительных средств, системы передачи данных, системы обработки данных и принятия решения.

**Целью данной статьи** является изложение некоторых подходов и результатов решения этих частных задач.

### Принципы построения измерительных средств системы акустического мониторинга

Измерительный комплекс (ИК) системы акустического мониторинга (САМ) предназначен для непрерывного ведения акустического наблюдения за состоянием звукового поля в зоне своей ответственности и выдачи результатов наблюдений в Центр САМ. При высокой важности позиции, высокой интенсивности акустических событий и наличии в районе позиции высокоскоростной связанной инфраструктуры ИК может дополнительно выполнять задачи видеорегистрации таких событий в зоне своей ответственности.

Структурная схема ИК приведена на рис. 1. Основой ИК является акустическая измерительная подсистема, работающая в пассивном режиме (на прием).

В интересах минимизации числа позиций (удешевления САМ) стандартным решением является размещение позиции ИК в центре его зоны ответственности.

При этом диаграмма направленности акустической подсистемы должна быть близкой к круговой. В зависимости от требуемой функциональности ИК может быть предложена одно-, двух- и многоканальная компоновка этой подсистемы.

При одноканальной компоновке ИК обеспечивает минимальную функциональность, которая сводится к регистрации текущего уровня звукового давления на позиции ИК и оценке его спектрального состава. Акустическим событием при этом считается превышение установленного порога звукового давления и/или характерный спектральный паттерн.

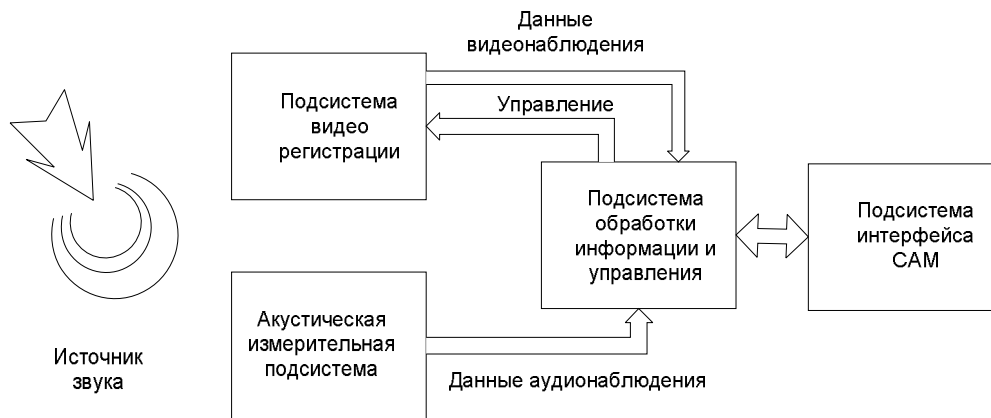


Рис. 1. Функциональная схема измерительного комплекса САМ

При такой компоновке определение направления на источник звука и дальности до него, а тем более оценка характера этого источника (стационарный, подвижный и т.д.) и компенсация фоновых шумов [3] невозможны.

Для решения этих задач необходима, по крайней мере, двухканальная компоновка. Такая система относится к измерительным системам интерференционного типа. Она позволяет определять, в общем случае, направление и дальность до источника звука. Как известно, с ростом расстояния между каналами интерференционной системы увеличивается точность измерения угловых координат, но возникает неоднозначность их определения. Для разрешения этого противоречия и придания системе возможности одновременного наблюдения за несколькими источниками используется многоканальная компоновка. Геометрически она образует антенную решетку той или иной конфигурации (линейная, круговая, прямоугольная) [1, 4, 6–8].

Анализ данных мониторинга в составе ИК выполняет подсистема обработки информации. Она предназначена для обнаружения важных акустических событий и оценки их параметров и представляет собой программно-аппаратный комплекс на платформе цифрового сигнального процессора.

Включение в состав ИК подсистемы видеорегистрации предполагает организацию управления средствами видеонаблюдения в реальном масштабе времени. Под управлением понимается наведение камеры на источник звука и фокусировку на нем. Для этого в состав подсистемы обработки информации необходимо включить алгоритмы пеленгации, измерения дальности и, возможно, траекторной обработки источников звука. Результаты этих операций поступают в контур управления средствами видеорегистрации.

Данные аудио- и видео- наблюдения кодируются с помощью стандартных промышленных форматов представления цифровых данных (MP-3, MPEG) и в потоковом виде передаются в выше-

стоящий Центр САМ по каналам СПД. В обратном направлении поступают команды управления. Для этого в состав ИК включается подсистема кодирования и передачи данных. Аппаратно она строится на основе стандартных технических решений. Предварительная оценка битрейта основана на том, что частота дискретизации звукового сигнала составляет 16 кГц ( $f_{\max}=8\text{кГц}$ ). Этого достаточно для анализа большинства источников звука естественного и антропогенного происхождения, включая речь и звуки, характерные для чрезвычайных ситуаций. При длине кодового слова 16 бит и кодирования на основе MP-3 битрейт на один канал составляет порядка 32 кбит/с. Многоканальность увеличивает битрейт почти кратно. Канал видеорегистрации работает не постоянно, а только при обнаружении акустического события. При восьмибитном черно-белом изображении с разрешением на уровне VGA (768×480), минимально возможной частотой кадров 15 Гц и кодировании MPEG канал видеорегистрации формирует потоковое видео с битрейтом порядка 8-10 Мбит/с.

### Принципы формирования поля акустического мониторинга

Важнейшим вопросом для системы акустического мониторинга является выбор объектов и связанное с этим рациональное пространственное распределение измерительных средств в зоне мониторинга. Совокупность зон мониторинга индивидуальных средств с учетом их распределения на местности будем называть полем акустического мониторинга.

Выбор объектов мониторинга определяется с учетом интересов ведомств, принимающих участие в построении, создании и финансировании системы мониторинга.

После того, как объекты мониторинга определены, наступает этап оптимизации позиций измерительных средств САМ для обеспечения эффективного мониторинга при минимальном количестве

используемых измерительных средств группировки САМ. Подобную задачу можно решить методами математического программирования [9 – 11].

При этом следует учесть, что особенностью акустического мониторинга является непрерывный режим работы в любых климатических и антропогенных условиях. Эти обстоятельства могут создавать значительный акустический фон, действующий на средства измерения САМ как интенсивная помеха, искажающая результаты мониторинга. Некоторые подобные вопросы, например влияние ветрового напора на режим работы микрофона, рассмотрены в [12]. По этой причине окончательный выбор позиции измерительных средств САМ предлагается производить в местах с минимальным уровнем климатических помех (минимальные значения средней скорости ветра и т.п.). Приповерхностные поля давления и скорости ветра в некоторой зоне являются решениями краевых задач аэродинамики при соответствующем выборе начальных и граничных условий. Последние определяются рельефом местности и урбанистическим ландшафтом. Решения подобных нестационарных краевых задач могут быть получены численными методами с использованием современных средств вычислительной аэро-гидродинамики. Пример имитационного моделирующего стенда, функционирующего в среде COMSOL Multiphysics, и позволяющего решать сложные задачи взаимодействия «поток-структура» в условиях нестационарного потока и криволинейной структуры, предложен в [13].

Исследование динамических процессов, возникающих при обтекании нестационарным воздушным потоком объектов сложной формы, распределенных в пространстве (сложная городская застройка, холмистый рельеф, развязки транспортных магистралей), стало доступным лишь в последние годы. Наиболее правильным подходом является рассмотрение этих явлений как результата взаимодействия потока воздуха с твердыми телами, что принято называть взаимодействием поток-структура (ВПС). Решение задач ВПС сводится к совместному решению задачи аэродинамики и задачи структурной механики при соответствующем выборе граничных и начальных условий. При этом в качестве правой части уравнений движения твердого (упругого) тела используется давление потока воздуха на его поверхности, полученное в результате решения уравнений гидродинамики (Навье-Стокса). В свою очередь, смещение поверхности тела приводит к изменению аэродинамических условий, что влечет изменение характера потока воздуха. Таким образом, в задачах ВПС имеет место временная обратная связь субъектов взаимодействия.

Сложная криволинейная геометрия и изменяющийся во времени воздушный поток не позво-

ляют использовать для решения задач ВПС в интересах акустического мониторинга аналитические методы; единственным средством решения таких задач являются численные методы. Среди них наибольшее распространение в последнее время получили различные модификации метода конечных элементов (МКЭ).

Задачи подобного типа относятся к ресурсоемким вычислительным задачам. Даже при очень умеренных по сложности постановках продолжительность сеанса вычислений составляет десятки часов. При необходимости интенсивных расчетов для разных сочетаний параметров задачи ВПС целесообразным является создание специализированного имитационного моделирующего стенда.

Выбор аппаратной платформы для ИМС является весьма ответственным этапом его разработки. В качестве рабочего варианта в [13] была выбрана платформа на основе четырехъядерного процессора второго поколения Intel i7 с частотой 3,5 ГГц в режиме Hyper-Threading и 16ГБ оперативной памяти под управлением операционной системы Windows 7 SP1. При выборе конфигурации платформы во внимание принимались соображения вычислительной мощности, универсальности, стабильности и экономической эффективности.

Программная часть ИМС построена на основе современного пакета COMSOL Multiphysics (версия 4.3b), предназначенного для решения широкого круга трехмерных задач математической физики с помощью МКЭ и пользующегося широкой популярностью у исследователей.

Интерфейс пакета предполагает множество настроек как предметного, то есть физического, так и чисто вычислительного характера. При настройке пакета для решения выбранного типа задачи выполняется конфигурация алгоритма путем подключения и настройки соответствующих модулей из состава COMSOL. В дополнение к пакету COMSOL Multiphysics ИМС включает пакет Solidworks для задания трехмерной геометрии задачи и пакет MATLAB для обработки и визуализации результатов сеанса моделирования.

### **Принципы построения сети передачи данных системы акустического мониторинга**

В соответствии с Концепцией САМ [5] система передачи данных акустического мониторинга должна обеспечивать передачу измерительной, телеметрической и командной информации, циркулирующей в САМ. Измерительная информация содержит непосредственные результаты мониторинга в виде записей аудио- и видеосигналов, поступающих с измерительных средств САМ в ее центры различно-

го уровня. Телеметрическая информация представляет собой поток данных о текущем состоянии технических средств Системы (измерительные средства, средства СПД и центров САМ). Командная информация является потоком команд управления элементами САМ и докладов об их выполнении. Подавляющее большинство циркулирующих в СПД информационных потоков генерируется и обрабатывается в автоматическом режиме с помощью соответствующих технических средств, протоколов и специализированного программного обеспечения. Таким образом, СПД представляет собой гетерогенную компьютеризированную мультисервисную сеть передачи данных [14].

Принцип построения СПД САМ в значительной степени определяется окончательным составом

заинтересованных ведомств и решаемых ею задач. Цели и задачи САМ в простейшем варианте изложены в [5]. В этом случае информация носит открытый характер, и вопросы ее безопасности не нуждаются в специальной проработке. Такая Система может комплектоваться СПД на основе арендованных каналов связи общего назначения как проводных, так и беспроводных. При предъявлении к САМ жестких требований по оперативности и надежности функционирования, в том числе в экстренных ситуациях, построение СПД следует осуществлять на принципах, принятых в системах государственного управления, Министерства обороны и других силовых ведомств.

Рассмотрим пример построения СПД в соответствии с [5], схема которой приведена на рис. 2.

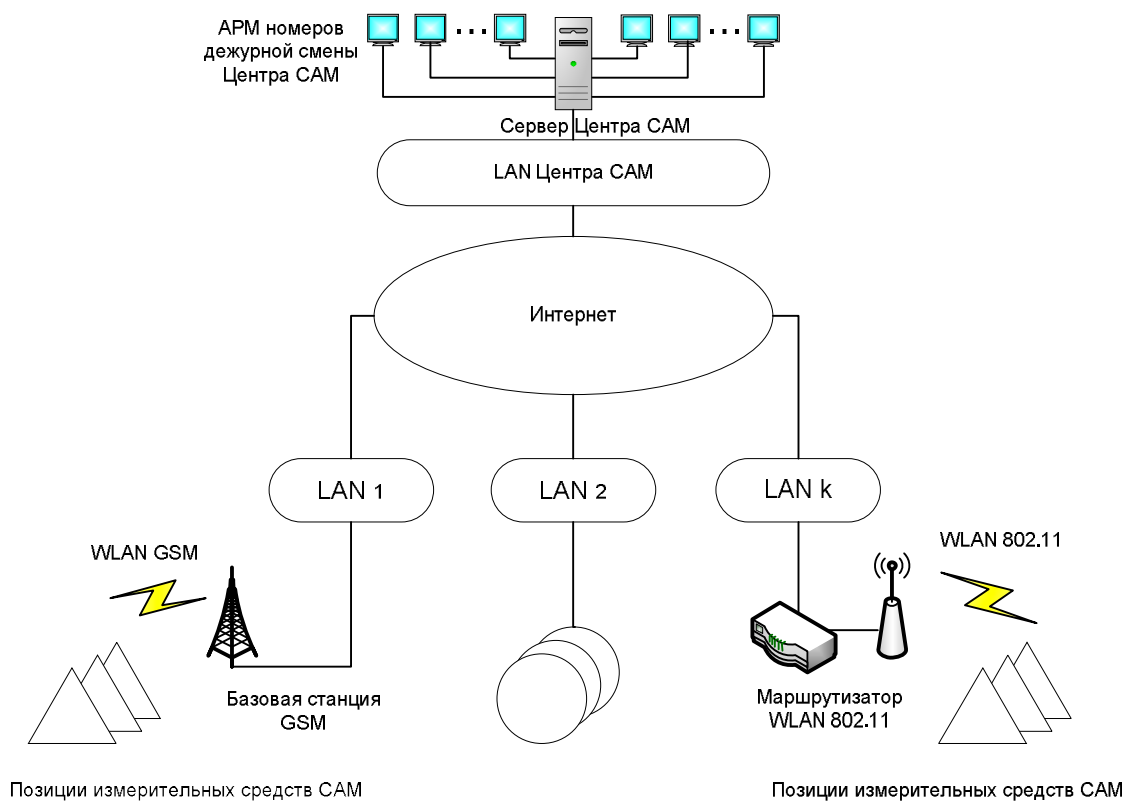


Рис. 2. Функциональная схема сети передачи данных САМ

Автоматизированные рабочие места (АРМ) номеров дежурной смены Центра САМ через Сервер Центра и локальную сеть доступа (LAN) Центра подключены к сети Интернет. Развернутые на позициях измерительные средства САМ через местные локальные сети (LAN<sub>1</sub>, LAN<sub>2</sub>, и т.д.) также подключены к Интернету. В зависимости от возможностей связной инфраструктуры в окрестности позиции измерительных средств, а также наличия в составе измерительных средств подсистемы видео регистрации, предлагается три варианта организации канала передачи данных между средствами измерения и локальными сетями: проводные, беспроводные на

основе мобильной сети стандарта GSM (CDMA) и беспроводной локальной сети стандарта 802.11.

Требования к пропускной способности каналов передачи данных определяются характером и темпом передаваемых данных и отношением сигнал/шум в канале. Наиболее требовательным к пропускной способности компонентом являются потоковые мультимедийные (аудио- и видео-) данные результатов мониторинга. Как показано выше, каждый звуковой канал измерительных средств САМ имеет битрейт около 32 Кбит/с, или 64 Кбит/с при двухканальной системе. Канал видеорегистрации предполагает битрейт порядка 8-10 Мбит/с. Стан-

дартная пропускная способность каналов GSM (CDMA), доступная на большей части территории Украины, составляет на более 240 Кбит/с (режим EDGE). Сети 3G носят очаговый характер и не позволяют рассматривать их как базовый стандарт беспроводной связи для СПД САМ. Таким образом, включение подсистемы видеорегистрации предполагает либо проводное подключение к Интернету, либо использование WLAN стандарта 802.11.

### Принципы построения системы обработки данных и принятия решений об акустической обстановке

Сложность, многофункциональность и оперативность системы акустического мониторинга обуславливают необходимость введения в контур управления акустическим мониторингом элементов автоматизации при сохранении окончательного решения за лицами дежурных смен. В этих условиях эффективным решением, проверенным в системах экстренного реагирования (система ПВО, авиаци-

петчерская служба ICAO, службы МЧС и т.д.) является создание в рамках системы акустического мониторинга (САМ) системы оперативной поддержки действий дежурных смен САМ (СОПД САМ) и развертывание ее в центрах САМ. В качестве примера СОПД САМ рассмотрим систему, приведенную в [15].

На рис. 3 приведена функциональная модель процесса мониторинга и оперативной поддержки действий дежурных смен, описывающая основные этапы реализации данного процесса. Согласно данной модели, должно производиться сравнение параметров состояния объекта, получаемых с использованием технических средств мониторинга, с эталонными (штатными) значениями этих параметров, хранящимися в базе данных САМ. При отклонении значений этих параметров от нормы принимается решение о возникновении той или иной экстренной ситуации, определяется, к какому классу (типу) она относится, и выбирается адекватный (рациональный) способ действий.

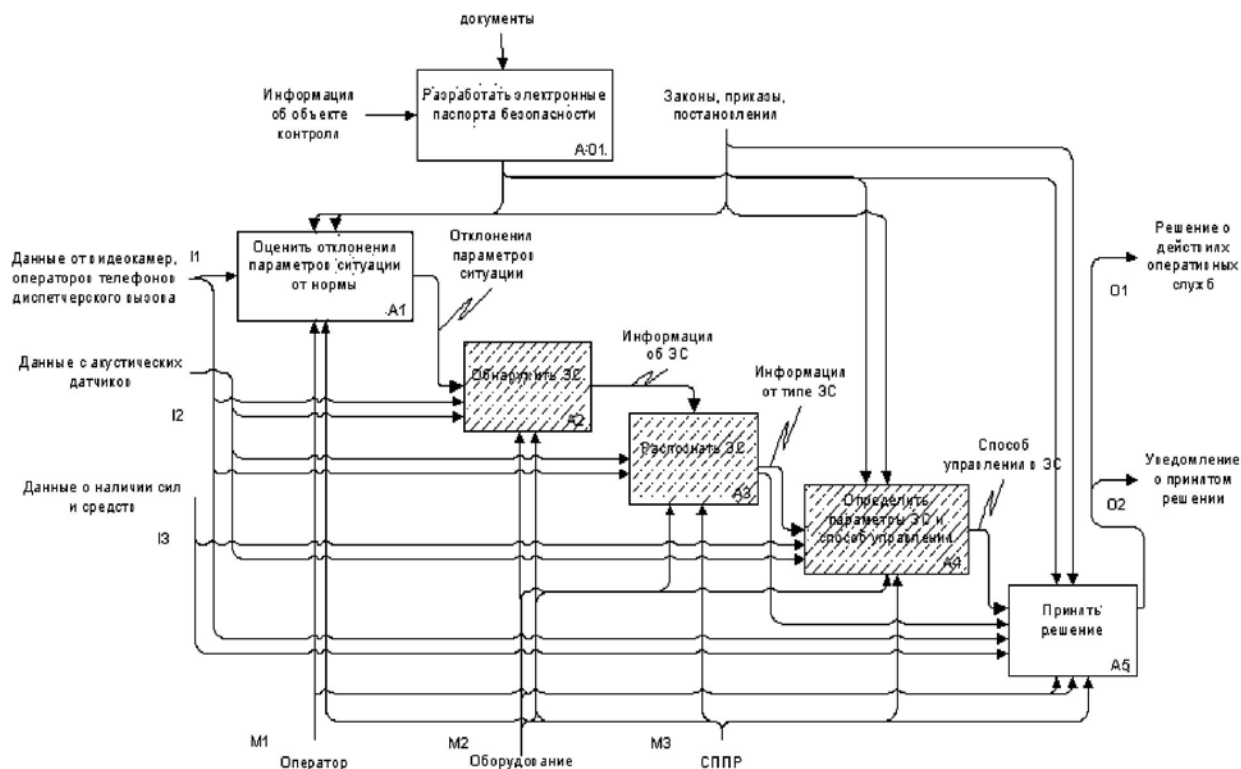


Рис. 3. Функциональная модель процесса мониторинга и поддержки принятия решений в СОПД САМ

### Заключение

В рамках концепции национального мониторинга акустической обстановки в интересах объективного информационного обеспечения органов государственного управления в статье проведен анализ принципов построения основных элементов системы акустического мониторинга (САМ).

1. Рассмотрено назначение, состав, основные варианты компоновки, соответствующей им функциональности измерительных средств САМ.

2. Предложен современный подход к учету фактического рассеяния акустического поля на сложном городском и естественном ландшафте в интересах рационального построения группировки измерительных средств САМ на местности.

3. Предложены некоторые принципы построения системы передачи данных системы акустического мониторинга с учетом важности и структуры информационных потоков. Выполнена предварительная оценка требуемой пропускной способности и предложены соответствующие технические решения.

4. Обоснована необходимость включения в состав системы обработки данных и принятия решения об акустической обстановке автоматизированной системы оперативной поддержки дежурных смен. Предложена информационная модель процесса мониторинга, включающая поддержку принятия решений в САМ.

**Работа выполнена в рамках прикладной НИР за средства государственного бюджета, шифр М7601, индекс 02071180, государственный регистрационный номер 0113U000450.**

### Список литературы

1. Основи акустичної екології: навч. посібник / За редакцією В.С. Дідковського. – Кіровоград: поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2002. – 520 с.
2. Розробка методології експертизи акустичної обстановки в населених пунктах України та в місцях антропогенного акустичного впливу: Звіт про НДР / НТУ «ХПІ». – № 0110U001255. – Х., 2011. – 87 с.
3. 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.
4. Дідковський В.С. Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій: навч. посібник / В.С. Дідковський, С.М. Порошин, О.В. Коржик, О.Г. Лейко, А.О. Лейко, О.І. Дрозденко. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 390 с.
5. 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.
6. Дідковський В.С. Акустичні антени: навч. посібник / В.С. Дідковський, С.М. Порошин, О.Г. Лейко, О.М. Петришицев, С.А. Найда. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 247 с.
7. Монзинго Р.А. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию / Р.А. Монзинго, Т.У.Миллер. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
8. Шифрин Я.С. Статистика поля акустических решеток аппаратуры дистанционного зондирования атмосферы / Я.С. Шифрин, Ю.Н. Ульянов, Н.Г. Максимова // Успехи современной радиоэлектроники. – 2007. – № 11. – С. 50-59.
9. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л.Г. Раскин. – М.: Сов. радио, 1976. – 344 с.
10. Раскин Л.Г. Многоиндексные задачи линейного программирования (теория, методы, приложения) / Л.Г. Раскин, И.О.Кириченко. – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
11. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
12. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды / Д.И. Блохинцев. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 208 с.
13. Статкус А.В. Имитационный моделирующий стенд для исследования взаимодействия поток-структура в стенозном сосуде методом конечных элементов / А.В. Статкус, А.С. Сафонов, А.С. Сергиенко // Труды V Международного Радиоэлектронного Форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Международная конференция «Актуальные проблемы биомедицинской инженерии». – Х.: ХНУРЭ, 2014. – С. 34-37.
14. Можасев О.О. Передача информации у гетерогенных компьютерных сетях / О.О. Можасев. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – 220 с.
15. Красько А.С. Поддержка принятия решения по обеспечению общественной безопасности на городских территориальных объектах на основе оперативного анализа аудиоинформации: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах / Красько А.С. – Уфа: УГАТУ, 2011. – 19 с.

Поступила в редколлегию 27.06.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ф.М. Андреев, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

### АНАЛІЗ ПРИНЦІПІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ НАЦІОНАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ АКУСТИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

С.М. Порошин

Розглядаються принципи побудови основних елементів системи національного моніторингу акустичної обстановки в інтересах об'єктивного інформаційного забезпечення органів державного управління. До основних елементів системи належать вимірювальні засоби, мережа передачі даних і система оперативної підтримки дій чергових змін. Типові технічні рішення наводяться на рівні структурних схем. Обговорюються декілька варіантів побудови кожного елемента.

**Ключові слова:** система акустичного моніторингу, акустична обстановка, інформаційне забезпечення.

### DESIGN PRINCIPLES FOR THE NATIONAL MONITORING SYSTEM OF ACOUSTIC SITUATION

S.M. Poroshin

Design principles for the major elements of the national monitoring system of acoustic situation are examined in behalf of objective information support of state administration authorities. The measuring tools, telecommunication network, and Duty Force operation on-line support system are considered as the major elements of the system. Typical technical solutions are provided on the level of structural layouts. Some diversity is discussed for each element design.

**Keywords:** acoustic monitoring system, acoustic situation, information support.