

## Література

1. Черняк А.А. Синтез классической и компьютерной математики в обучении /А.А.Черняк А.А., Ю.А.Доманова,Т.Н. Ранько// Информатизация образования. –№ 1. –2005. – С. 36-45.
2. Samková L, Calculus of one and more variables with Maple/L. Samková // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. – V. 43. –№2. –2012. –P230-244.
3. Adym, E. The use of computers in mathematics education: A paradigm shift from “computer assisted instruction” towards “student rogramming”/E.Adym // The Turkish Online Journal of Educational Technology.- 4(2). –2005. – P.27–34.
4. Дьяконов В.П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании/ В.П.Дьяконов - М.: С.Пресс, 2000. - 453 с.
5. Васильев А. Н. Maple 8. Самоучитель/ А. Н. Васильев, -М.: Диалектика, 2003.- 352 с.
6. Уилсон Р. Введение в теорию графов/Р. Уилсон, -М.:Мир, 1977.-135 с.

**Abstract**

*Recently we have seen the active penetration of computer algebra systems to the educational process because it allows to form an innovative learning technologies. Almost every branch of mathematics the Maple developed the separate specialized package commands. However, currently these technologies, despite its effectiveness and visibility, for various reasons, are still not common in the classroom. The purpose of this article is to review basic information about the capabilities of computer algebra to solve some common problems of graph theory, and which can be used to solve educational problems. The paper describes the package description commands GraphTheory computer algebra system Maple. The methods of solving some common problems in the theory of graphs in Maple. Using discussed the team package Maple a teacher can illustrate the problem solving in the classroom for the subject of the discrete mathematics*

**Keywords:** graph theory, computer algebra systems, Maple, technology training, special graphs, properties of graphs, attributes of graphs

*Розглядаються результати аналізу статистичних характеристик ехосигналів як основи для вибору напрямку вдосконалення правил добування інформації в системах акустичного зондування атмосфери в зоні мегаполіса*

*Ключові слова: акустичне зондування, атмосфера, ехосигнали, поміхи, статистичні характеристики, витяг інформації*

*Рассматриваются результаты анализа статистических характеристик эхосигналов как основы для выбора направления усовершенствования правил извлечения информации в системах акустического зондирования атмосферы в зоне мегаполиса*

*Ключевые слова: акустическое зондирование, атмосфера, эхосигналы, помехи, статистические характеристики, извлечение информации*

УДК 551.501.7

# СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭХОСИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ЗОНЕ МЕГАПОЛИСА

**В. И. Леонидов**

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
Кафедра биомедицинских электронных приборов и систем  
Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166  
Контактный тел.: (057) 702-13-64  
E-mail:vlivlv@kture.kharkov.ua

**1. Введение**

Акустическое зондирование как метод исследования термодинамических процессов в атмосфере, основано на использовании свойства рассеяния акустических волн турбулентными пульсациями поля температуры и скорости ветра. Системы акустическо-

го зондирования реализуют принципы радиолокации, что создает возможность регистрации эхосигналов в виде функций высоты и времени. В результате появляется уникальная возможность исследования параметров состояния атмосферы в слое высотой порядка одного километра в режиме мониторинга, что недоступно для известных стандартных средств наблюде-

ния. Относительная простота и невысокая стоимость аппаратной части позволяют рассчитывать на возможность создания информационной сети станций и осуществлять мониторинг термодинамического состояния в синоптическом масштабе атмосферных движений.

До настоящего времени исследования в области разработки методов извлечения количественной информации, а также повышения ее качества в системах акустического зондирования атмосферы были проведены не достаточно полно. Следствием этого является отсутствие систем акустического зондирования в перечне средств стандартных метеорологических наблюдений, несмотря на уникальные свойства этого метода.

В тоже время проблемы разработки долгосрочных и сверхкраткосрочных (локальных) прогнозов погоды [1], в том числе и прогнозов возникновения локальных атмосферных явлений, представляющих опасность для взлета и приземления авиатранспорта [2], а также проблема повышения достоверности средне- и долгосрочных прогнозов погоды, создают все возрастающую потребность в дополнительной информации о текущем состоянии локальных термодинамических процессов в пограничном слое атмосферы.

Следовательно, исследования в области усовершенствования методов и средств извлечения информации в системах акустического зондирования относятся к современным и перспективным научным направлениям.

## 2. Проблема извлечения информации в системах акустического зондирования

На станции акустического зондирования Харьковского национального университета радиоэлектроники (рис. 1), расположенной в центре мегаполиса, в течение летних месяцев 2011 и 2012гг. проведены экспериментальные наблюдения по акустическому зондированию атмосферы и получен большой объем экспериментальных данных в виде цифровых аналогов эхограмм. Некоторые примеры записей, полученных при условиях интенсивного солнечного прогрева подстилающей поверхности, приведены на рис. 2.



Рис. 1. Антенные системы станции акустического зондирования

Визуальный анализ записей показал, что процессы теплообмена между подстилающей поверхностью и атмосферой имеют различные особенности даже при однотипных состояниях атмосферы и, следовательно, эхосигналы акустического зондирования содержат дополнительную информацию о термодинамических процессах.

Из записей также следует, что пространственно-временные зависимости эхосигналов описывают слабо формализуемые процессы и поэтому их моделирование будет представлять сложную задачу.

Как правило, при каждом сеансе наблюдений на записи эхосигналов наблюдаются акустические помехи, значительно превышающие средний уровень сигналов, их продолжительность занимает интервал времени от нескольких секунд до нескольких минут. Имеют место также случайные импульсные помехи значительной интенсивности. Источником таких помех являются специфические акустические поля, которые генерируются как природным явлением (ветер), так и инфраструктурой мегаполиса (транспорт, технические средства). На записях также наблюдаются интенсивные отражения сигналов от окружающих зданий и сооружений (местные предметы) в виде явно выраженных горизонтальных линий.

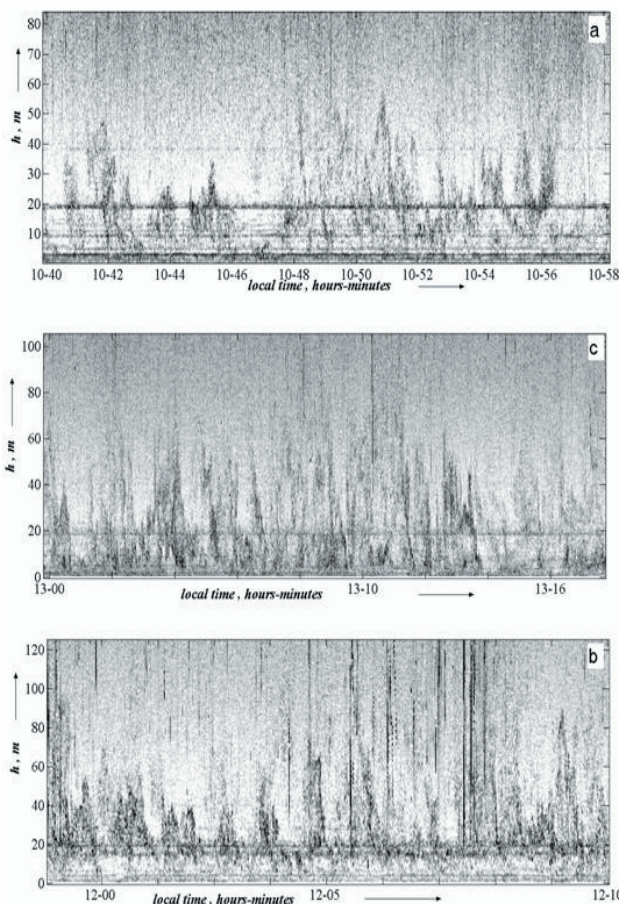


Рис. 2. Фрагменты эхограмм акустического зондирования:  
 а) 07.08.12. 10ч. 30 мин. — 11 ч. 35 мин.,  
 б) 18.06.12. 11 ч 58 мин. — 12 ч.10 мин.,  
 в) 22.06.12. 12 ч.20 мин. — 13 ч.25 мин.

Эти факторы, по-видимому, составят основную сложность при разработке правил извлечения информации. Значение достоверных прогнозов погоды для решения указанных выше практических задач, общеизвестно. Известные же схемы долгосрочных прогнозов погоды, глобальной циркуляции атмосферы и разрабатываемых моделей климата содержат величины турбулентных потоков тепла, влаги и количества

движения [3]. В связи с этим весьма важной проблемой в области метеорологического приборостроения является создание средств измерения потоков тепла в приземном слое атмосферы в реальном масштабе времени и построение на основе этих устройств сети станций метеорологического мониторинга с целью получения дополнительной информации, необходимой для повышения достоверности методов численного краткосрочного и долгосрочного прогнозирования погоды [4], а также для обеспечения исследований по проблеме выявления причин изменения климата [5].

Акустическое зондирование является перспективным методом исследования процессов теплообмена в системе «подстилающая поверхность – атмосфера» так как принципиально позволяет получать именно вертикальные «профили» потоков тепла в реальном времени (период повторения измерений  $T_{\text{из}} = (1 \div 2) \text{ с}$ ). Об этом свидетельствуют, например, результаты работы [6], которые, как теперь уже можно считать, имеют давнюю историю.

Однако это предварительные выводы, которые следуют только из визуального анализа записей эхосигналов. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть приведенные положения необходимо провести статистический анализ сигналов и помех и таким образом, формализовать выводы относительно перспектив использования систем акустического зондирования в практике метеорологических наблюдений.

### 3. Цель работы

Целью работы является выявление и оценка влияния факторов, определяющих эффективность систем акустического зондирования, а также обоснование концепции дальнейшего развития методов извлечения информации в этих системах.

### 4. Статистические характеристики эхосигналов

Зондирование атмосферы проводилось сеансами продолжительностью в один час. В течение суток проводилось до 8 - 10 сеансов в зависимости от погодных условий. В результате одного сеанса зондирования формировалась  $(m \times n)$  матрица  $S_a$  цифровых отсчетов эхосигналов  $s_{ij}$ , где  $i = 1 \dots m$ ,  $j = 1 \dots n$ , причем столбцы матрицы представляют собой вертикальные одиночные профили эхосигналов  $s_j(i)$  и, следовательно, каждая строка  $s_i(j)$  матрицы  $S_a$  представляет собой ряд дискретных отсчетов эхосигналов для данной высоты  $h = \Delta h \cdot i$ , где  $\Delta h$  - дискретный шаг высоты.

Полученный исходный материал классифицировался по принципу соответствия эхосигналов флуктуирующему слою (рис. 2а), приподнятому возмущенному слою (рис. 2б) или полностью возмущенному приземному слою (от поверхности Земли, рис. 2с).

Приведем результаты анализа статистических характеристик, полученных по выборкам эхосигналов, отвечающих хорошо выраженным приподнятому и полностью возмущенному турбулентным слоям. Фрагменты эхограмм этих выборок приведены на рис. 3а,б соответственно.

Для анализа статистических характеристик рассчитывались оценки следующих моментов: математическое ожидание  $M_{sn}^* [s_j(i)]$ , среднеквадратичное отклонение  $\sigma_{sn}^* [s_j(i)]$  строк матрицы  $S_a$  и распределения статистической вероятности  $p_k$  фрагментов матрицы  $S_a$ , совокупность элементов которых представлялась в виде простого статистического ряда. Расчеты проводились по полному ансамблю реализаций полученных на интервале времени  $T_{\text{вб}} = 1$  час. На рис. 3 приведены фрагменты эхограмм продолжительностью  $T_{\text{вб}} \cong 30$  мин, что дает возможность визуализировать внутреннюю структуру процесса.

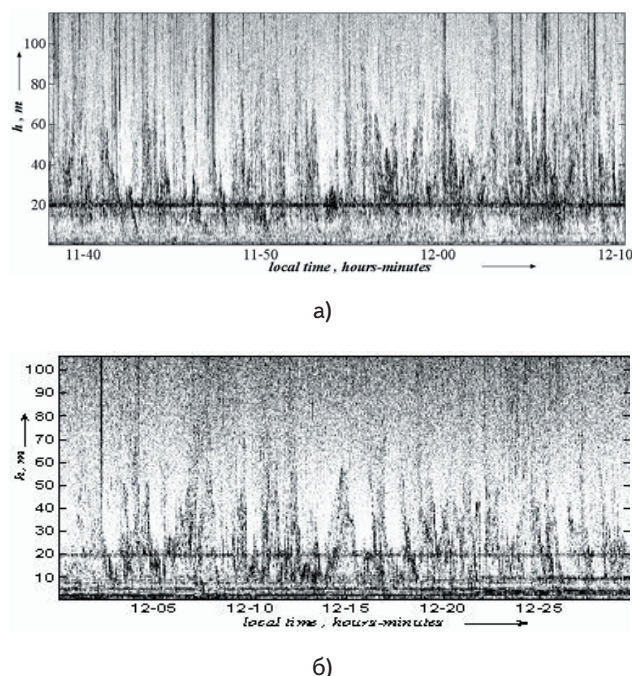


Рис. 3. Фрагмент эхограммы: а) приподнятого слоя; б) полностью возмущенного слоя

На рис. 4а,б приведены усредненный профиль модуля напряжения эхосигналов на выходе приемника и профиль его СКО, рассчитанные по всему ансамблю значений для выборок рис. 3а, 3б соответственно.

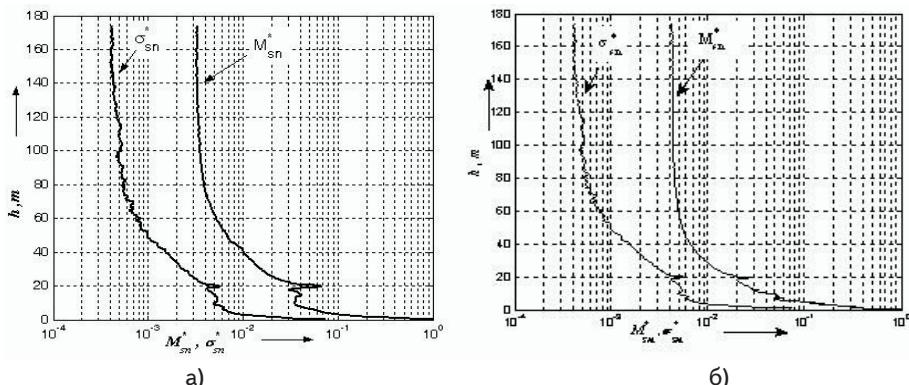


Рис. 4. Усредненные профили: а)  $M_{sn}^*(h)$  и  $\sigma_{sn}^*(h)$ ; б)  $M_{sn}^*(h)$  и  $\sigma_{sn}^*(h)$  S27

Из приведенных зависимостей следует, что профили статистических моментов подобны. В области высоты  $h \cong 20$  м наблюдается узкий экстремум, обусловленный эхосигналом, принятым системой от кромки крыши рядом расположенного здания. Рост СКО в этой области высоты объясняется флуктуациями скорости ветра и рассеянием волны на тепловых струях, сформированных нагретой крышей здания. В случае приподнятого слоя (рис. 4а) профиль  $M_{sn}^*(h)$  в области высоты  $h = (10 \div 20)$  м растет, в случае полностью возмущенного (рис. 4б) слоя профиль  $M_{sn}^*(h)$  монотонно спадает.

Очевидно, что мощность акустических шумов и помех не зависит от высоты зондирования. Следовательно, вид зависимости  $M_{sn}^*(h)$  позволяет оценить высоту  $h_p$  слоя атмосферы, в пределах которого существует эхосигнал. Для рассматриваемых случаев рис. 4а,б можно принять  $h_{p1} \cong 140$  м,  $h_{p2} \cong 100$  м соответственно. Далее примем, что в области высот  $h > h_p$  эхосигнал отсутствует и обусловлен только акустическими помехами.

На рис. 5а,б приведены распределения статистической частоты  $p^*$  эхосигналов и помех соответственно для случаев приподнятого и полностью возмущенного слоев. Для расчета распределений сигналов и помех из матрицы  $S_a$  формировались матрицы  $S_{as}$  и  $S_{an}$  в виде  $S_{as} = S_a(h_0 \dots h_p, 1 \dots n)$  и  $S_{an} = S_a(h_p + 1 \dots m, 1 \dots n)$ , где  $h_0$  - начальное значение высоты, в данном случае принято  $h_0 = 5$  м, при этом области высот при которых наблюдались интенсивные отражения от здания исключались из рассмотрения.

Далее члены этих матриц представлялись как члены простых статистических рядов, по которым и рассчитывались соответствующие распределения  $p^*$ .

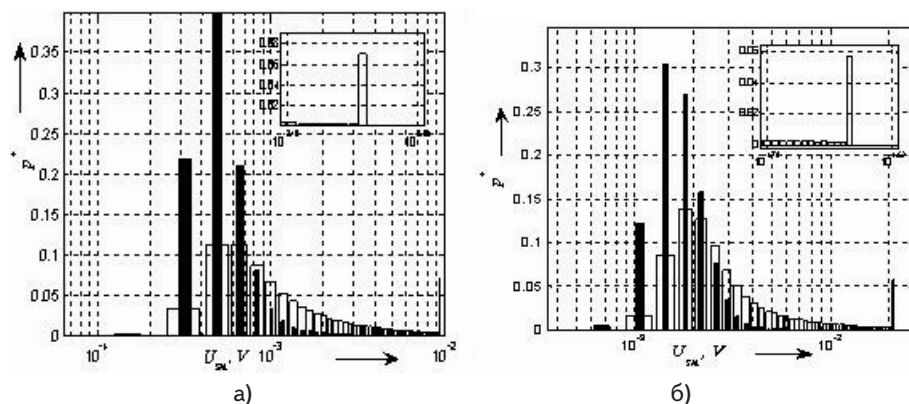


Рис. 5. Распределение статистической частоты выборки эхосигналов рис. 3а, 3б

На рис. 5а,б сплошным цветом показаны распределения для помех, контуром – для сигналов. В правом верхнем углу графиков показаны крупным планом распределения сигналов, которые на основном изображении кажутся сплошными (справа внизу).

Из приведенных распределений следует, что в данном случае решить задачу обнаружения в классическом виде очень сложно, поскольку распределения полностью перекрываются. Второй максимум в распределениях сигналов обусловлен мощным эхосигналом в области малых высот. Для этих сигналов задача обнаружения может быть решена при большом соотношении сигнал/шум, однако на эту часть сигналов приходится лишь малая область высот  $h \cong (5 \div 30)$  м.

### 5. Выводы

В результате проведенной работы получен и обработан большой объем экспериментальных данных по акустическому зондированию атмосферы в зоне мегаполиса. Получено экспериментальное подтверждение существования в зоне мегаполиса приподнятых турбулентных слоев, которые способствуют накоплению вредных выбросов.

Показано, что общим свойством выборок эхосигналов является присутствие интенсивных нестационарных акустических помех, а также отражения от местных предметов, мощность которых претерпевает значительные флуктуации в зависимости от величины турбулентных пульсаций скорости и температуры воздушной массы. Полученные распределения статистической вероятности показывают, что классический подход к построению правил извлечения информации, основанный на решении задачи обнаружения и измерения параметров сигналов, в системах акустического зондирования не эффективен.

Эти факты дают основание к выводу о том, что методы извлечения информации в системах АЗ в дальнейшем целесообразно развивать в направлении использования методов распознавания образов [7-8], представленных описаниями электронных аналогов эхограмм (рис. 1,2).

### Литература

1. Вильфланд, Р.М. Мезомасштабный краткосрочный прогноз погоды в Гидрометцентре России на примере COSMO-RU. [Текст] / Р.М. Вильфланд Г.С. Ривин, И.А. Розинкина. // Журн. Метеорология и гидрология. -2010.- №1 5 - С. 13.
2. Руководство по сдвигу ветра на малых высотах. [Текст] Издание первое - 2005. Дос 9817. AN/449. Международная организация гражданской авиации.
3. Елисеев, А.А. Экспериментальное исследование притоков тепла в приземном слое атмосферы [Текст] / Елисеев А.А., Привалов В.И., Парамонова Н.Н., Утина З.М. // Жкрн. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. -2002. - Т. 38. № 5. - С. 649–657.
4. Багров, Н. А. Долгосрочные метеорологические прогнозы. [Текст]: / Багров Н. А., Кондратович К. В., Педь Д. А., Угрюмов А. И. , - Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 248 с.
5. Assessment of the climate forecasts produced by individual models and MME methods. - APCC Technical Report, V. 1, No.1, 2006.

6. Weill, A. Measuring heat flux and structure functions of temperature fluctuations with an acoustic Doppler sodar. [Текст] / Weill, A., Klapisz, C., Strauss, B., Baudin, F., Jaupart, C., Van Grundebееck, P. and Goutorbe, J. P. // Журн. J. Appl. Meteorol., - 1980.-№19. - С. 199-205.
7. Семенец, В.В. Акустическое зондирование атмосферы в проблеме изучения процессов теплообмена в зоне мегаполиса [Текст] / В.В. Семенец, В.И. Леонидов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2011, - 6/8(54), - С.54.
8. Леонидов, В.И. Анализ квазипериодических амплитудно-временных структур экосигналов акустического зондирования атмосферы [Текст] / В.И. Леонидов, В.В. Семенец // Радиотехника: ВсеУкр. Межвед. Научн-техн. Зб. - 2011, - вып.167. - С. 27 -31.

### Abstract

*The method of the acoustic sounding has old history of development. However to the present tense he still is not a regular mean in the list of facilities of standard meteorological supervisions. To our opinion reason of such position consists of unoptimum approach to creation of methods of extraction of information in the systems of the acoustic sounding. An attempt to analyzes the statistical descriptions of acoustic echo-signals and noise, got in the area of megalopolis, is undertaken in work, with the purpose of receipt of formalization confirmation of hypothesis that by a basic factor limiting efficiency of the systems of the acoustic sounding, there are acoustic noise and difficult spatio-temporal structure of echo-signals. The analysis showed that distributing of statistical probability of signals and noise in majority of cases was blocked. In this case it is impossible to estimate the error of result of every separate measuring of echo-signals. Consequently, those modern methods of extraction of information in the systems of the acoustic sounding the atmospheres that based on such principle, can not be effective. In these article is suggested to build the methods of extraction of information on principle of patterns recognition which the electronic versions of echograms are used as a patterns*

**Keywords:** *acoustic sounding, atmosphere, echo signal, hindrances, statistical descriptions, extraction of information*

*Демонструються можливості залишкового циклічного квадратичного ланцюгового коду для формування стохастичної структури акустичного випромінювання за допомогою роторної динамічної сирени. Аналізуються можливості побудови потрібного спектра, який відтворював би експлуатаційні умови на стенді*

**Ключові слова:** *стохастична структура акустичного випромінювання, роторна сирена, ланцюговий код*

*Демонстрируются возможности остаточного циклического квадратичного цепного кода для формирования стохастической структуры акустического излучения с помощью роторной динамической сирены. Анализируются возможности получения желаемого спектра, воспроизводящего эксплуатационные условия на стенде*

**Ключевые слова:** *стохастическая структура акустического излучения, роторная сирена, цепной код*

УДК 629.7.054

## ЦИКЛИЧЕСКИЙ КОД ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М. Ф. Калинина

Аспирант

Кафедра биотехники и инженерии  
Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

Контактный тел.: (044) 454-94-51

E-mail: kalinina.miroslava@yandex.ua

### 1. Введение

Исследования относятся к области прикладной механики и посвящены проблеме воспроизведения в наземных условиях на стенде, имеющей в полетных условиях акустической обстановки. Полностью вос-

произвести в наземных условиях полетную обстановку при эксплуатационном использовании летательных аппаратов, очевидно, практически невозможно. Но задачу все же можно решить, если сосредоточить внимание на самом главном, оставляя в стороне второстепенные вопросы. Таким главным можно считать спек-