

Компьютерные, прикладные и инженерные инновации и модернизация отраслей промышленности

**I МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**НАУЧНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА**

**Компьютерные, прикладные и инженерные инновации и
модернизация отраслей промышленности**

Сборник научных трудов
по материалам I Международной научно-практической конференции

20 сентября 2018 г.

УДК 001
ББК 72

Главный редактор: Н.А. Краснова
Технический редактор: Ю.О. Канаева

Компьютерные, прикладные и инженерные инновации и модернизация отраслей промышленности: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, 20 сентября 2018 г., Санкт-Петербург: Профессиональная наука, 2018. - 23 с.

ISBN 978-0-359-11639-3

В сборнике научных трудов рассматриваются актуальные вопросы развития техники, инноваций, машиностроения, строительства и т.д. по материалам I Международной научно-практической конференции «Компьютерные, прикладные и инженерные инновации и модернизация отраслей промышленности», состоявшейся 20 сентября 2018 г. в г. Санкт-Петербург.

Сборник предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все включенные в сборник статьи прошли научное рецензирование и опубликованы в том виде, в котором они были представлены авторами. За содержание статей ответственность несут авторы.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте www.scipro.ru.

При верстке электронной книги использованы материалы с ресурсов: PSDgraphics

УДК 001
ББК 72



- © Редактор Н.А. Краснова, 2018
- © Коллектив авторов, 2018
- © Lulu Press, Inc.
- © НОО Профессиональная наука, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ 5

Годовицын И.В., Еремин П.М., Панков В.В. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ 5

СЕКЦИЯ 2. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ 12

Строганова Е.П., Немыкин А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМНОГО ТРАКТА В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНЫХ И ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПОМЕХ 12

СЕКЦИЯ 3. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА 19

Каргаполов Н.В., Рафаилова А.Л. ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА У ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МОСКОВСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ (МКАД) И КАШИРСКОГО ШОССЕ 19

СЕКЦИЯ 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 68

Годовицын И.В., Еремин П.М., Панков В.В. Разработка специализированной оснастки для испытания высокотемпературных преобразователей давления

Development of specialized equipment for testing high temperature pressure transducers

Годовицын Игорь Валерьевич,

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
НПК "Технологический центр", г. Зеленоград, Москва

Еремин Павел Михайлович,
Инженер

НПК "Технологический центр", г. Зеленоград, Москва

Панков Владимир Валентинович,
Инженер первой категории

НПК "Технологический центр", г. Зеленоград, Москва
Godovitsyn Igor Valerievich,

Candidate of Engineering Science, senior scientist worker
SMC "Technological center", Zelenograd, Moscow

Eremin Pavel Mihailovich
Engineer

SMC "Technological center", Zelenograd, Moscow

Pankov Vladimir Valentinovich

Engineer of the first category

SMC "Technological center", Zelenograd, Moscow

***Аннотация.** Высокотемпературные кремниевые преобразователи давления обладают высокими измерительными характеристиками, малыми размерами и весом и низкой себестоимостью и представляют собой привлекательное решение для многих отраслей производства и транспорта. Измерение характеристик таких преобразователей при повышенной (более 150 °С) температуре требует не только соответствующего оборудования, но и специализированной оснастки, обеспечивающей подачу давления и электрического питания на преобразователь, а также снятие с преобразователя выходного сигнала. В статье рассматриваются вопросы разработки специализированной оснастки для испытаний преобразователей давления, имеющих температурный диапазон от -45 °С до +220 °С. Проводится обсуждение способов подключения к выводам преобразователя и предлагается вариант с учетом имеющихся технологических возможностей. Выполняется тестирование электрических проводов разных производителей на стойкость к повышенной температуре. Проводится обсуждение полученных результатов.*

***Ключевые слова:** высокотемпературный кремниевый преобразователь давления, специализированная оснастка.*

***Abstract.** High-temperature silicon pressure transducers have high measuring characteristics, small size and weight and low cost and represent an attractive solution for many industries and transport.*

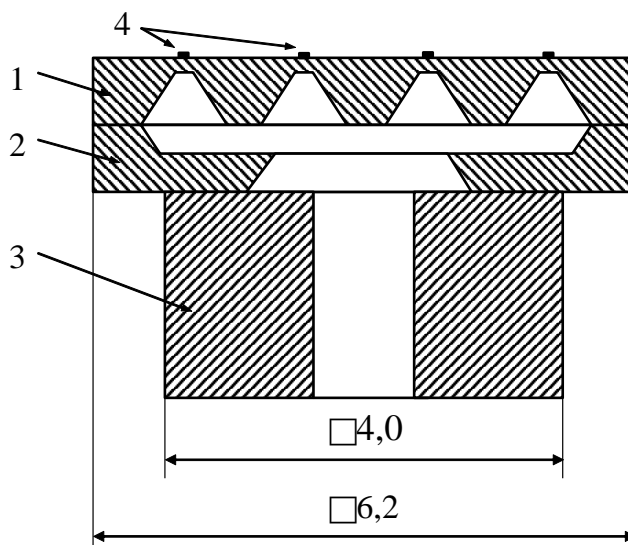
Measurement of the characteristics of these transducers at elevated temperatures (over 150 °C) requires not only appropriate hardware but also specialized equipment that provide the supply of pressure and electrical power to the transducer, as well as obtaining the output signal from the transducer. The article deals with the development of specialized equipment for testing pressure transducers having a temperature range from -45 °C to +220 °C. Discussion of the ways of connection to transducer terminals is carried out and a solution is proposed within the available technological capabilities. Testing of electrical wires from different manufacturers for resistance to high temperatures is performed. The obtained results are discussed.

Keywords: high-temperature silicon pressure transducer, specialized equipment.

В настоящее время в нефтегазовой отрасли, нефтехимической промышленности (изготовление пластмассовых изделий), автомобильном, авиационном и космическом транспорте существует потребность в высокотемпературных кремниевых преобразователей давления, позволяющих проводить измерения давления при повышенной температуре [1-3]. Данные преобразователи формируются с использованием КНИ-структур, выступающими как исходный материал для формирования разнообразных МЭМС-приборов [4-7]. Кроме решения ряда конструктивных и технологических задач, разработка высокотемпературного кремниевого преобразователя давления требует проведения испытаний для оценки метрологических характеристик. Стандартное измерительное оборудование рассчитано на проведение измерений кремниевых преобразователей с традиционным температурным диапазоном, чаще всего от -45 °C до +125 °C. Для испытаний высокотемпературного кремниевого преобразователя давления необходимо использование соответствующего оборудования, а также специализированная оснастка, обеспечивающая подачу давления и электрического питания на преобразователь. В связи с высокой температурой применения кремниевых преобразователей, разработка такой оснастки представляет технически сложную и актуальную задачу.

В данной работе проведена разработка специализированной оснастки для испытаний преобразователей давления, имеющих температурный диапазон от -45 °C до +220 °C. При разработке комплекса использован многолетний опыт НПК "Технологический центр" в области создания кремниевых преобразователей давления, изготовленных с использованием технологии объемной микрообработки. Разработка выполнена с учетом имеющихся технологических возможностей и материалов.

Высокотемпературный датчик состоит из чувствительного элемента (ЧЭ) высокотемпературного преобразователя давления, приведенного на рисунке 1, и корпуса. ЧЭ состоит из 3х частей: основания, прокладки и кристалла с мембраной. Кристалл с мембраной формируется из КНИ-пластины. Основание обеспечивает крепление кристалла к корпусу. Прокладка соединяет основание и кристалл с мембраной. Тензорезисторы расположены в местах концентрации механических напряжений на кристалле. Кристалл с мембраной непосредственно осуществляет преобразование давления в выходное напряжение. Части ЧЭ соединены между собой легкоплавким стеклом.



- 1 – кристалл с мембраной на КНИ-пластине;
- 2 – прокладка;
- 3 – основание;
- 4 – тензорезисторы

Рисунок 1. Эскиз конструкции ЧЭ высокотемпературного преобразователя давления

Монтаж ЧЭ в корпус типа ТО-5 может осуществляться несколькими способами. В качестве одного из них может быть названа пайка на высокотемпературный эпоксидный клей с силиконовым наполнителем. Такой клей обеспечивает прочное и эластичное соединение ЧЭ с корпусом, которое позволяет предотвращать возникновение дополнительных механических напряжений в ЧЭ, вызванных температурным воздействием.

Для присоединения крышки к основанию корпуса используется конденсаторная сварка, обеспечивающая надежное герметичное соединение в широком диапазоне температур.

Фотография изготовленного макета высокотемпературного преобразователя давления приведена на рисунке 2.

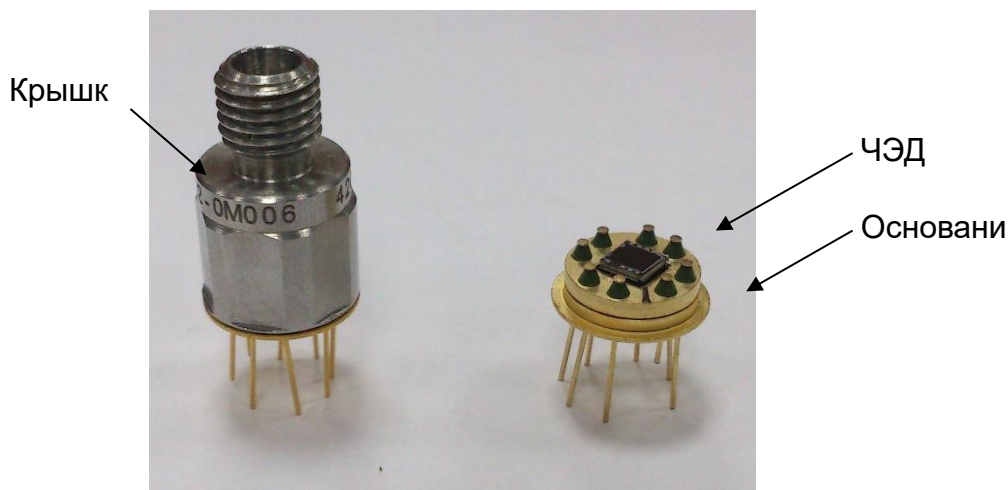


Рисунок 2. Прототипы высокотемпературного преобразователя давления

Испытания высокотемпературных кремниевых преобразователей давления требует использования расширенного перечня оборудования. Для задания температурного воздействия необходимо использовать как минимум 2 камеры. Первая камера обеспечивает диапазон температур от предельного нижнего значения (минус 45 °С) до повышенной (85 °С), вторая – от повышенной до предельного верхнего значения (220 °С). Совмещение обоих температурных диапазонов в одной камере проблематично в связи с отсутствием моделей с требуемыми параметрами на рынке. Наиболее широкий температурный диапазон климатических камер, представленных на рынке, составляет от минус 86 °С до 180 °С [7]. Для реализации испытаний высокотемпературного преобразователя давления необходимо использовать конфигурацию из одной климатической камеры и одного нагревательного шкафа, который будет применяться только для измерений при повышенной температуре.

В данной работе для измерений при повышенной температуре выбрана камера тепла Binder FED 53 (рисунок 3). Камера имеет следующие основные особенности:

- диапазон температур от (t помещения + 10) °С до 300 °С;
- вариация температуры при 150 °С – 1,4 °С;
- флуктуация температуры при 150 °С – 0,3 °С;
- время нагрева до 150 °С – 15 мин;
- время восстановления после открытия дверей на 30 сек до 150 °С – 4 мин.



Рисунок 3. Внешний вид камеры тепла Binder FED 53

Камера имеет отверстие для вывода электрических кабелей и магистралей подачи давления, которое закрывается вставкой из термоизолирующей резины, обеспечивающей поддержание требуемой температуры внутри камеры. Через отверстие подается электрическое питание и давление от источников, расположенных снаружи камеры.

В связи с высокой температурой испытаний встает вопрос о выборе способа подсоединения проводов к выводам преобразователя. Такое соединение должно обеспечивать хороший электрический контакт и быть устойчивым к длительной выдержке при повышенной температуре. Были рассмотрены следующие способы соединения: пайка высокотемпературным припоем, сварка и механическое соединение.

В результате исследований было установлено, что существует широкая номенклатура припоев, имеющих температуру плавления в диапазоне 240–300 °С и потенциально пригодных для соединения проводов с выводами преобразователя. Однако, такие припои, как правило, содержат олово, которое имеет высокий коэффициент диффузии в золото. Как показали проведенные эксперименты, длительная выдержка при верхней температуре измерений приводит к растворению золотого покрытия в процессе выдержки. Припои, не содержащие олова, как правило, имеют значительно более высокую температуру плавления, что делает затруднительным точечную пайку, так как она требует существенного прогрева паяемых деталей.

Применение точечной сварки для соединения проводов и выводов преобразователя также представляется проблематичным в связи с необходимостью сильного нагрева места соединения и потенциальной возможностью перегрева преобразователя.

В результате был выбран механический способ соединения проводов и выводов преобразователя. Для этого используется капиллярная трубка малого диаметра из

нержавеющей стали. Соединение производится путем обжима трубки опрессовочным инструментом. На рисунке 4 приведена фотография соединения, выполненного методом опрессовки металлического капилляра.

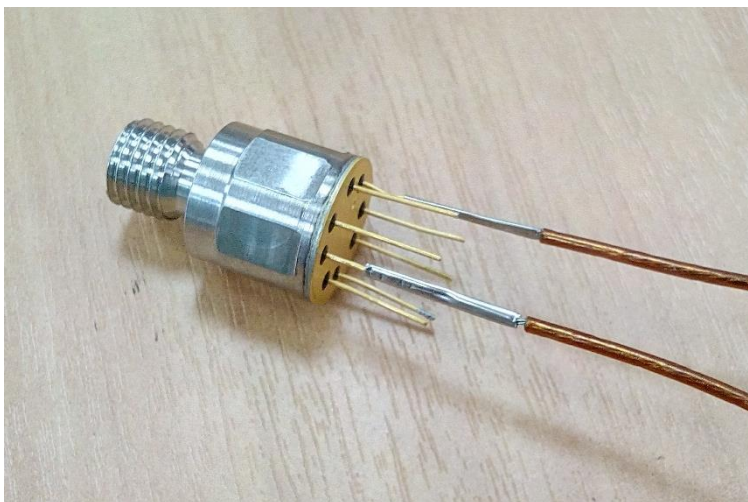


Рисунок 4. Соединение проводов и выводов преобразователя, выполненное методом опрессовки

Для выбора провода для соединения с выводами преобразователя был проведен эксперимент по воздействию температуры 220 °С в течение 3 часов. Воздействию подвергались провода следующих марок – АМПЗО, МГТФ и БИФ-Н с площадью сечения 0,2 мм². Результаты эксперимента приведены в таблице 1. Наилучшие характеристики продемонстрировал провод БИФ-Н, после температурного воздействия не было отмечено визуальных изменений в цвете изоляции, а также не изменилась гибкость провода. Провод БИФ-Н имеет жилу, скрученную из медных никелированных проволок и изоляция из полиимидно-фторопластовых плёнок. Провода марки БИФ предназначены для фиксированного монтажа бортовой электрической сети авиационной техники. Провод БИФ-Н устойчив к горению, выдерживает температуру до 300 градусов Цельсия, легко справляются с трением провода и другим механическим воздействиям.

Таблица 1

Характеристики провода после высокотемпературного воздействия

№пп	Марка провода	Площадь сечения, мм ²	Характеристики после воздействия 220 °С, 3 часа
1	АМПЗО	0,2	Изменился цвет изоляции, провод стал ломким
2	МГТФ	0,2	Изменился цвет изоляции
3	БИФ-Н	0,2	Без изменений

Подключение преобразователей к магистрали давления обычно реализуется групповым способом для увеличения загрузки камеры и уменьшения времени, затрачиваемого на испытание одного преобразователя. Для этого разработана и изготовлена металлическая оснастка-коллектор, позволяющая подключать к магистрали давления одновременно 16 преобразователей. Оснастка представляет собой толстую металлическую пластину, внутри которой высверлены каналы, соединяющие вход с переходниками, к которым присоединяются преобразователи. Все подключения к оснастке выполнены резьбовым способом. Для обеспечения герметичности места подключения переходников к пластине укреплены высокотемпературным эпоксидным клеем.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.577.21.0245, уникальный идентификатор ПРИЭР RFMEFI57717X0245).

В работе использовалось оборудование ЦКП "Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники" (ЦКП НПК "Технологический центр").

Библиографический список

1. Li S. et al, A novel SOI pressure sensor for high temperature application // 2015 J. Semicond. 36 014014.
2. Jiang X., High-Temperature Piezoelectric Sensing, Sensors 2014, 14, pp. 144-169.
3. Niu Z., Zhao Y., and Tian B., Design optimization of high pressure and high temperature piezoresistive pressure sensor for high sensitivity // Review Of Scientific Instruments 85, 015001 (2014).
4. Kurtz A. D., Ned A. A., and Epstein A. H., Ultra High Temperature Miniature SOI Sensors for Extreme Environments // IMAPS International HiTEC 2004 Conference Santa Fe, New Mexico, May 17-20, 2004.
5. Ned A. A., Kurtz A. D., Beheim G., Masheeb F., Stefanescu S., Improved SiC Leadless Pressure Sensors For High Temperature, Low and High Pressure Applications, Twenty-First Transducer Workshop Lexington, Maryland, June 22-23, 2004.
6. Guo S., Eriksen H., Childress K., Fink A., Hoffman M., High temperature smart-cut SOI pressure sensor // Sensors and Actuators A 154 (2009) pp.255-260.
7. http://www.lib-industry.com/product/Temperature_and_Humidity_Test_Chamber.html(дата обращения 14.07.2018).

СЕКЦИЯ 2. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

УДК 68

Строганова Е.П., Немыкин А.А. Оптимизация приемного тракта в условиях атмосферных и промышленных помех

Optimization of the receiving path under atmospheric and industrial noise conditions

Строганова Елена Петровна,

д.т.н., профессор МТУСИ, г. Москва,

Немыкин Андрей Александрович,

старший преподаватель МТУСИ, г. Москва

Stroganova Elena Petrovna,

Doctor of Technical Sciences, Professor MTUCI, Moscow,

Nemykin Andrey Alexandrovich,

senior lecturer of MTUCI, Moscow

Аннотация. В ряде случаев основными видами внешних помех радиоприему являются атмосферные и промышленные помехи, носящие преимущественно импульсный характер. Статистические характеристики атмосферных и промышленных радиопомех могут быть описаны в рамках единой аналитической модели, представляющей собой комбинацию логарифмически нормальной модели, описывающей преобладающую по мощности импульсную составляющую помехи, и нормальной модели, описывающей ее флуктуационную составляющую, определяющую, в конечном счете, потенциальную помехоустойчивость радиоприемника.

Ключевые слова: Помеха, радиоприемник, помехоустойчивость, флуктуация, фильтр.

Abstract. In some cases, the main types of external interference to radio reception are atmospheric and industrial disturbances, which are predominantly pulsed. The statistical characteristics of atmospheric and industrial radio interference can be described in the framework of a single analytical model, which is a combination of a log-normal model describing the predominant impulse component of the interference, and a normal model describing its fluctuation component, determining, in ultimately, the potential noise immunity of the radio receiver.

Keywords: Interference, radio receiver, noise immunity, fluctuation, filter.

В реальных условиях эксплуатации на приемную радиоэлектронную аппаратуру (РЭА) воздействуют различные виды помех. Помимо наиболее распространенных непреднамеренных помех - атмосферной и промышленной, имеющих импульсный характер, на приемную РЭА могут воздействовать узкополосные помехи от работающих радиопередатчиков.

При одновременном воздействии на РЭА разнородных помех актуально провести анализ схмотехнических решений в целях оптимизации обработки сигнала, так как в таких условиях предъявляются противоречивые требования к приемному тракту. В связи с тем, что основными видами помех являются атмосферные и промышленные помехи, правильно

отражающая их основные свойства модель таких помех должна быть основой для проводимого исследования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью исследования является анализ схмотехнических решений в целях оптимизации обработки сигнала при одновременном воздействии на РЭА разнородных помех, анализ применения схемы ШОУ для решения поставленной задачи. Исследование проводится в рамках модели атмосферных и промышленных помех, основанной на совокупности логонормальной импульсной огибающей, случайно распределенной фазы, аддитивной случайной составляющей в виде белого шума.

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

В ряде случаев основными видами внешних помех радиоприему являются атмосферные и промышленные помехи. Исследованию характеристик таких помех посвящены многочисленные экспериментальные исследования, проводимые с целью выявления из основных статистических характеристик в различных районах, в различное время суток и т.д.

При вероятностном описании этих помех обычно используется так называемое амплитудно-вероятностное распределение [1, 2]. На рис. 1 приведены экспериментальные кривые такого распределения для атмосферных (a) помех в диапазоне 10 кГц - 30 МГц [1] и промышленных (b) помех в диапазоне 76 кГц - 100 МГц [2, 3]. По оси ординат отложен уровень огибающей $E(t)$ помехи в децибелах относительно $(\overline{E^2})^{1/2}$

$$\Delta = 20 \lg R, = R / (\overline{E^2})^{1/2},$$

а по оси абсцисс - процент p времени, в течение которого этот уровень превышен. При этом p для эргодического процесса, каким по предположению является огибающая помехи, с точностью до коэффициента 10^2 совпадает с вероятностью P превышения указанного уровня. При градуировке шкалы абсцисс используется так называемая шкала Рэлея [4]

$$\xi(P) = -\lg[\ln(1/P)].$$

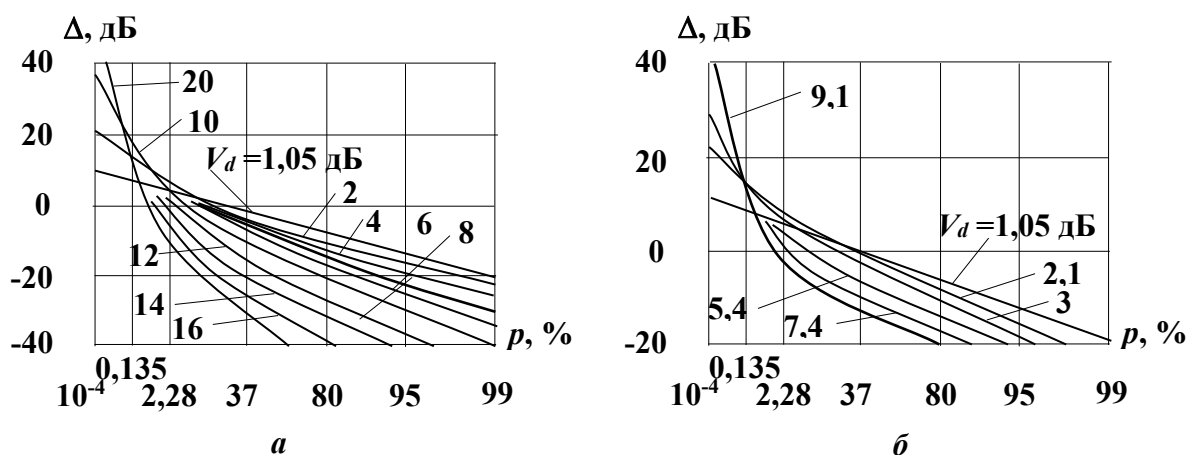


Рисунок 1

Распределение огибающей атмосферной помехи в указанных координатах хорошо аппроксимируется двумя отрезками прямых [4]: одной с наклоном $\sigma = -1/2$ в области больших значений p и другой - в области малых. Положение первой прямой с помощью соотношения

$$10/\sigma \cong \Delta(p=37\%) \quad (1)$$

позволяет определить долю σ в общей мощности помехи ее нормальной флуктуационной составляющей с огибающей, распределенной по рэлеевскому закону

$$W_{\phi}(R) = 2 (R/\sigma) \exp(-R^2/\sigma). \quad (2)$$

Наклон второй прямой с помощью соотношения

$$\sigma \cong [\Delta(p=0,135\%) - \Delta(p=2,28\%)]/8,69 \quad (3)$$

определяет параметр σ распределения огибающей импульсной составляющей помехи, описываемого с достаточной степенью точности логарифмически нормальным законом

$$W(R) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma R} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sigma} \ln R + \sigma\right)^2\right]. \quad (4)$$

Ход кривых рис. 1 и соответственно значения параметров σ и σ однозначно определяются параметром

$$V_d = 20/\sigma \left(\overline{E^2} \right)^{1/2} / \overline{E},$$

зависимость которого от частотного диапазона, эффективной входной полосы приемника, времени года и времени суток приведена в [1]. Указанный параметр, являющийся таким образом универсальной характеристикой помехи, для конкретных условий сравнительно просто может быть определен также экспериментально.

Сравнение кривых рис. 1, *a* и *б* показывает, что рассмотренная аппроксимация распределения огибающей применима в первом приближении и к индустриальной помехе, в которой также могут быть выделены флуктуационная и импульсная составляющие, описываемые распределениями (2) и (4), которым на рис. 1, *б* соответствуют отрезки прямых в области больших и малых значений ρ . Причем, у индустриальной помехи при том же, что и у атмосферной помехи, значении параметра V_d выше уровень σ флуктуационной составляющей, обусловленной наложением помех от многих источников, что связано, по-видимому, с большей локализацией последних, и больше значение параметра σ , характеризующего степень «импульсности» импульсной составляющей.

На рис. 2 показаны вычисленные с помощью кривых рис. 1 и выражения (3) зависимости параметра σ от V_d для индустриальной (кривая 1) и атмосферной (кривая 2) помех. Эти зависимости могут быть аппроксимированы выражениями

$$\sigma \cong \begin{cases} 0,87 (V_d)^{1/2} - \text{для индустриальной помехи,} \\ 0,57 (V_d)^{1/2} - \text{для атмосферной помехи.} \end{cases} \quad (5)$$

Здесь же показана зависимость

$$\sigma \cong 0,48 (V_d)^{1/2}$$

для приближенной логарифмически нормальной модели [5] (кривая 3), в рамках которой в [6] получены основные статистические характеристики смеси узкополосного сигнала и помехи.

Фаза помехи наряду с другими факторами определяется расстоянием от источников помехи до приемника. Поскольку условие, на основании которого в [4] доказана равномерность распределения фазы атмосферной помехи - произвольность расстояния от источников помехи до приемника и возможность изменения этого расстояния в диапазоне, большем длины волны, остается справедливым и в случае индустриальной помехи, фаза последней также может считаться распределенной равномерно. При этом результаты работ [6] остаются справедливыми для импульсной составляющей индустриальной помехи.

Вычисленные с помощью кривых рис. 1 и выражения (1) зависимости $10 \lg c$ от V_d могут быть аппроксимированы выражениями

$$10 \lg c \cong \begin{cases} -1,3 V_d - \text{для индустриальной помехи,} \\ -2 V_d - \text{для атмосферной помехи.} \end{cases} \quad (6)$$

Оптимальный приемник для выделения сигнала и оценки его параметров в условиях негауссовых помех при независимых выборочных значениях смеси и малом отношении

сигнал/помеха, в ряде случаев имеющем место во входной полосе приемника, состоит из безынерционного нелинейного преобразователя с характеристикой

$$f_{opt}(\eta) = -d \ln W(\eta) / d\eta, \quad (7)$$

где $W(\eta)$ - плотность вероятности помехи, и линейного приемника, оптимального при нормальной помехе.

При этом коэффициент, характеризующий увеличение эквивалентного отношения сигнал/помеха (по мощности) и уменьшение дисперсии оценки параметров сигнала в оптимальном приемнике по сравнению с линейным приемником, работающим в условиях нормальной помехи, мощность которой равна мощности негауссовской помехи $\sigma_\eta^2 = E^2/2$, записывается

$$K_{opt} = \sigma_\eta^2 \int_{-\infty}^{\infty} f_{opt}^2(t) W(\eta) d\eta. \quad (8)$$

Поскольку дисперсия оценки в линейном приемнике при достаточно большом объеме выборки не зависит от распределения помехи и определяется отношением сигнал/помеха, K_{opt} характеризует выигрыш в дисперсии оценки параметров сигнала (или в отношении сигнал/помеха) за счет оптимизации приемника по отношению к негауссовской помехе.

Полагая импульсную и флуктуационную составляющие помехи независимыми, имеем

$$W(\eta) = \int_{-\infty}^{\infty} W_u(x) W_\phi(\eta - x) dx, \quad (9)$$

где

$$W_u(\eta) = (1/\sigma_\eta) \sum_{k=0}^{\infty} \alpha_k (\eta/\sigma_\eta)^{2k} F[-\beta_k(\eta)]$$

- плотность вероятности импульсной составляющей [6]

$$W_\phi(\eta) = (1/\sqrt{2\pi c} \sigma_\eta) \exp(-\eta^2/2\sigma_\eta^2 c)$$

- плотность вероятности флуктуационной составляющей помехи

$$\alpha_k = [(2k)!/\pi 2^{3k+1/2}] \exp\{\sigma^2 [(2k+1) + (2k+1)^2/2]\};$$

$$\beta_k(\eta) = (1/\sigma) \ln(|\eta|/\sqrt{2} \sigma_\eta) + 2(k+1)\sigma;$$

$$F(x) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-u^2/2) du.$$

В результате подстановки (7) и (9) в (8) для всего рассматриваемого диапазона значений V_d (рис. 1) с учетом (5) и (6) получаем

$$K_{opt} \approx 1/c, \quad (10)$$

откуда следует, что оптимизация приемника по отношению к атмосферной и индустриальной помехам приводит в первом приближении к полному подавлению импульсной составляющей помехи. При этом потенциальная точность оценки параметров сигнала определяется степенью сглаживания в линейной части приемника остаточной флуктуационной составляющей помехи мощностью

$$c \sigma_{\eta}^2 = c \overline{E^2} / 2,$$

где в соответствии с (6)

$$c \cong \begin{cases} 10^{-0,13V_d} & \text{— для индустриальной помехи,} \\ 10^{-0,2V_d} & \text{— для атмосферной помехи.} \end{cases}$$

На рис. 2 показаны вычисленные с помощью кривых, приведенных на рис. 1, и выражений (1) и (10) зависимости

$$10 \lg K_{opt} \cong 10 \lg c$$

от V_d для атмосферной (кривая 4) и индустриальной (кривая 5) помех.

На рис. 3 показан вид оптимальной характеристики нелинейного преобразователя в условиях атмосферной (кривая 1) и индустриальной (кривая 2) помех, вычисленной для $V_d=10$ дБ. Анализ показывает, что результат, близкий к оптимальному (10), имеет место при замене оптимального преобразователя ограничителем с низким порогом ограничения.

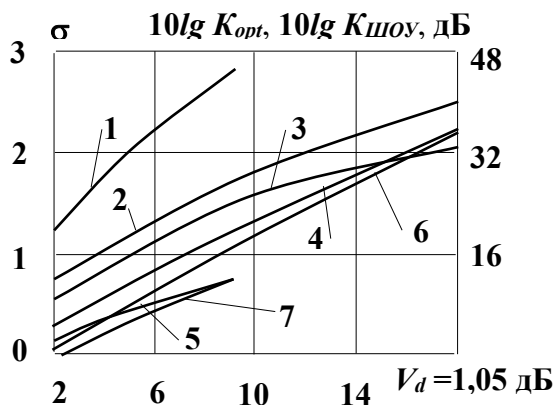


Рисунок 2

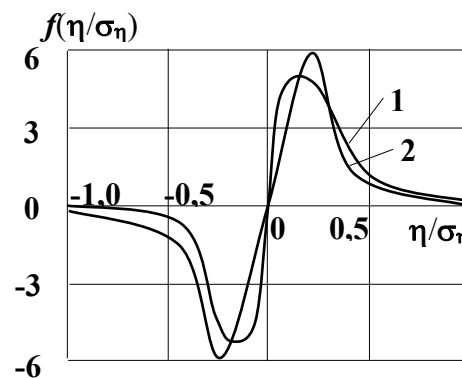


Рисунок 3

Действительно, как известно в схеме ШОУ, включающей в себя идеальный ограничитель с нулевым порогом ограничения и узкополосный фильтр, изменение отношения сигнал/помеха (по мощности) и соответственно дисперсии оценки параметров сигнала за счет включения в тракт ограничителя характеризуется коэффициентом

$$K_{ШОУ} = \left(\overline{R^{-1}}\right)^2,$$

где

$$\overline{R^{-1}} = \int_0^{\infty} [W(R)/R] dR,$$

$W(R)$ - плотность вероятности огибающей шума, которая в рассматриваемом случае может быть определена из экспериментальных кривых распределения рис. 1

$$W(R) = -dP(R)/dR.$$

На рис. 2 показаны результаты вычисления зависимости $10 \lg K_{ШОУ}$ от V_d для атмосферной (кривая 6) и промышленной (кривая 7) помех.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из проведенного рассмотрения можно заключить, что в широком диапазоне частот статистические характеристики атмосферных и промышленных радиопомех могут быть описаны в рамках единой аналитической модели, представляющей собой комбинацию логарифмически нормальной модели, описывающей преобладающую по мощности импульсную составляющую помехи, и нормальной модели, описывающей ее флуктуационную составляющую, определяющую, в конечном счете, потенциальную помехоустойчивость радиоприемника. При этом относительный уровень флуктуационной составляющей и соответственно маскирующая способность выше у промышленной помехи, что связано, по-видимому, с большей локализацией ее источников.

Проведенное в рамках указанной модели сравнение эффективности оптимального приемника и эффективности схемы ШОУ показывает асимптотическую оптимальность последней при $V_d \rightarrow \infty$. При этом проигрыш в эквивалентном отношении сигнал/помеха в схеме ШОУ по сравнению с оптимальным приемником при слабом сигнале не превышает 4/π или 1,04 дБ.

Библиографический список

1. Распределение по земному шару атмосферных помех и их характеристики. Документы X пленарной ассамблеи МККР, Отчет 322, Женева, 1963. М.: Связь, 1965.
2. Spaulding A. D., Ahlbeck W. H., Espeland L. R. Urban residential man - made radio noise analysis and predictions. - Telecommunications research and engineering, 1971, rpt. 14, ITS.
3. Bolton E. C. Man - made noise study at 76 and 200 kHz - EEE Trans., 1976, EMC-18, № 3.
4. Beckmann P. Amplitude -probability distribution of atmospheric radio noise. - Radio Science, 1964, 68D, № 6.
5. Omura J. K., Shaft P. D. Modem performance in VLF atmospheric noise. - IEEE Trans., 1976, COM-19, № 5.
6. Рубцов В. Д. Распределение мгновенных значений атмосферного шума при узкополосном приеме. — «Радиотехника и электроника», 1975, 20, № 10.

СЕКЦИЯ 3. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

УДК 504.75

Каргаполов Н.В., Рафаилова А.Л. Динамика загрязнения атмосферного воздуха у пересечения Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) и Каширского шоссе

Dynamics of air pollution at the intersection of Moscow automobile ring road (MARR) and Kashirskoye highway

Каргаполов Николай Васильевич

Кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования географического факультета. Московский педагогический государственный университет

Рафаилова Анастасия Леонидовна

Магистр кафедры экологии и природопользования Московский педагогический государственный университет.

Kargapolov Nikolay Vasilevich

Dr. Associate Professor, Department of Ecology

Moskov Pedagogikal State University

Rafailova Anastasiy Leonidovna

Magistr, Department of Ecology

Moskov Pedagogikal State University

***Аннотация.** Представлены результаты исследования изменений контрастности и площади опасного загрязнения атмосферного воздуха вблизи МКАД. Выявлена динамика контрастности от 1 до 100 и более ПДК и площади от 20 до 300 метров от МКАД в зависимости от погодных условий и типов автомобилей.*

***Ключевые слова:** выбросы автотранспорта, ореолы загрязняющих веществ, расчетный способ загрязнения, площадь опасного загрязнения, контраст загрязнения.*

***Abstract.** The research devotes to contrast changes and area of dangerous air pollution near MARR. The dynamics of contrast from 1 to 100 and more MPC the area from 20 to 300 meters from MARR depending on weather conditions and types of cars are determined.*

***Keywords:** motor vehicle emissions, halos of contaminants, calculated method of pollution, area of dangerous pollution, contamination contrast.*

Экологическое состояние атмосферы крупных городов и мегаполисов определяется выбросами автотранспорта. Доля загрязнения атмосферы автомобильным транспортом в городах постоянно растет и для крупных городов составляет 80% и более. По современным данным аномалии, связанные с выбросами в атмосферу наиболее контрастны [1]. Динамика и структура таких выбросов чрезвычайно разнообразна, контуры ореолов загрязняющих веществ меняются в зависимости от скорости ветра, его направления по отношению к источнику загрязнения, влажности, температуры и др.[2] Контрастность таких ореолов может

меняться в десятки раз в течении суток или недели и поэтому оценка динамики загрязнения на конкретной территории весьма актуальна.

В настоящее время широко применяется быстрый и достаточно надежный способ расчетной оценки загрязнения атмосферы вблизи дорог и магистралей. Он основан на методике разработанной НИИ автомобильного транспорта [3], характеризующей выбросы загрязняющих веществ на основании мощности двигателя (объем цилиндров), характеристик автомобиля, особенностей топлива с учетом режима работы двигателя.

Определение уровня загрязнения атмосферы автотранспортом на конкретной территории определяется расчетным способом загрязнения по методике утвержденной комитетом по охране природы РФ в 2008 году. Он основан на подсчете проезжающих автомобилей, относящихся к той или иной категории при условии их движения в оптимальном режиме.

Подсчет автомобилей проводился у МКАД, где в 100 метрах к западу от пересечения с Каширским шоссе выбран створ дороги и в течение 5 минут подсчитывались все автомобили, пересекающие створ в ту и другую стороны. Количество автомобилей той или иной группы занесены в специальную таблицу. Для расчетов выбраны две преобладающие группы автомобилей: легковые, грузовые и автобусы общей массой до 3.5 тонн, работающие преимущественно на бензине; грузовые массой от 3.5 до 16 тонн, работающие преимущественно на дизельном топливе. В статье использованы результаты наблюдений, проведенные с 7 часов 55 мин до 8.00 27 сентября 2016 года.

Расчет выбросов загрязняющих веществ и их перемещений проводились по двуокиси азота (NO_2), двуокиси серы (SO_2), саже (PM), соединениям свинца (Pb) и аммиаку (NH_3) по стандартам Евро 3. Результаты суммировались, приводились к объему загрязненного воздуха, перемещение которого рассчитывались для скорости ветра перпендикулярного трассе 0.1 м/с, 0.5 м/с, 2.0 м/с, и 5.0 м/с. Площадь загрязнения определялась по принципу уменьшения концентрации в 2 раза при удалении загрязненного воздуха по ветру на ширину трассы.

Результаты расчетов показывают, что интенсивность и площадь загрязнения могут меняться в зависимости от скорости и направления ветра в десятки раз. Максимальная контрастность и площадь загрязнения соответствует слабому ветру (0.1 м/с), Она составляет для окислов азота

(при пересчете на диоксид) более 100 ПДК, вблизи МКАД и сохраняет превышение ПДК на расстоянии 300 метров, Для сернистого ангидрида (SO_2) и аммиака (NH_3) десятки ПДК вблизи МКАД и превышение ПДК на расстоянии 160-180 метров (табл.1). В таких условиях загрязнение соединениями свинца (Pb), угарным газом (CO) и сажей (PM) составляет менее 10 ПДК на расстоянии менее 100 метров. Важно отметить, что грузовые автомобили, работающие на дизельном топливе, в большей степени загрязняют атмосферу оксидами азота, диоксидами

серы и сажей, а легковые автомобили, работающие на бензине – окисью углерода, аммиаком и соединениями свинца.

При увеличении скорости ветра до 2 м/с концентрации соединений свинца, угарного газа и сажи вблизи МКАД становятся ниже ПДК, а при скорости ветра 5 м/с и более воздух здесь очищается от всех загрязняющих веществ (табл. 1).

Таблица 1

Изменение площади опасного загрязнения атмосферного воздуха вблизи МКАД в зависимости от скорости ветра (по данным на 7.55 – 8.00 час 27.09 2016: легковые-916 шт, грузовые-262 шт.)

Загрязняющие вещества	ПДК в мг/м ³ [4]	Тип топлива	Выброс Евро 3 мг/100м	Конц. в мг/м ³	Суммар конц. в ПДКс.с	Расстояние загрязнение от трассы МКАД в м. при скоростях ветра:			
						0.1 м/с	0.5 м/с	2.0 м/с	5.0м/с
NO ₂	0.04	бензин	16	1.47	187.5	300	180	60	20
		дизель	230	6.03					
SO ₂	0.05	бензин	2.3	0.21	21	180	80	20	-
		дизель	32	0.84					
CO	3	бензин	100	9.16	3.8	80	20	-	-
		дизель	80	2.10					
Pb	0.0003	бензин	0.02	0.002	7	100	30	-	-
		дизель	-	-					
PM	0.06	бензин	-	-	2.7	50	-	-	-
		дизель	6	0.16					
NH ₃	0.04	бензин	7	0.64	16.2	160	40	20	-
		дизель	0.3	0.008					

Исследования показали, что контраст загрязнения атмосферы вблизи МКАД может составлять десятки и сотни раз в зависимости от погодных условий и типов автомобилей. Таким образом, прогноз загрязнения атмосферы вблизи автомагистралей и планирование мероприятий по защите населения должны основываться не только на количестве проезжающих автомобилей, но и на погодных условиях и типах автомобилей.

Библиографический список

1. Каргаполов Н.В. Геохимические исследования в городских экосистемах.// Вестник МПГУ. Социально-экологические технологии. -2016. №3.С. 31-38.
2. Каргаполов Н.В. Геохимическая экологическая функция атмосферы городов.//География: проблемы науки и образования: LXIII Герценовские чтения. Материалы ежегодной Международной научно-практической конференции 22-24 апреля 2010 г., Санкт-Петербург. С.30-32.
3. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территориях крупнейших городов.: Министерство транспорта Российской Федерации, – Москва, 2008.
4. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Электронное научное издание

Компьютерные, прикладные и инженерные инновации и модернизация отраслей промышленности

сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической
конференции

20 сентября 2018 г.

По вопросам и замечаниям к изданию, а также предложениям к сотрудничеству
обращаться по электронной почте mail@scipro.ru

Подготовлено с авторских оригиналов



ISBN 978-0-359-11639-3



90000



9 780359 116393

Формат 60x84/16. Усл. печ. Л 0.9. Тираж 100 экз.
Lulu Press, Inc. 627 Davis Drive Suite 300
Morrisville, NC 27560
Издательство НОО Профессиональная наука
Нижний Новгород, ул. ул. Родионова, 199к3