

А.Н. Минеев¹, Е.Н. Минеев¹, Д.А. Архипов¹, С.В. Агеев²
(¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
²ВНИИ ГОЧС МЧС России; e-mail: m.a.n_.1988@mail.ru)

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ

Проведён анализ применения сенсорных сетей для обнаружения пожаров на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: распределённые сенсорные сети, автоматизированная система, промышленная безопасность, объекты.

A.N. Mineev, E.N. Mineev, D.A. Arhipov, S.V. Ageev
**WIRELESS SENSORY NETWORKS OF FIRE DETECTION
AT INDUSTRIAL ENTERPRISES OF RUSSIA**

The analysis of application of sensor networks for fire detection at the industrial enterprises is carried out.

Key words: distributed sensor networks, automated system, industrial safety, objects.

По данным ВНИИПО МЧС России, количество пожаров на промышленных предприятиях в России за последнее десятилетие составляет немногим более 4 % от общего количества пожаров, но материальный ущерб и людские потери от каждого из пожаров в промышленности гораздо больше, чем от пожара в жилом секторе (рис. 1, 2).

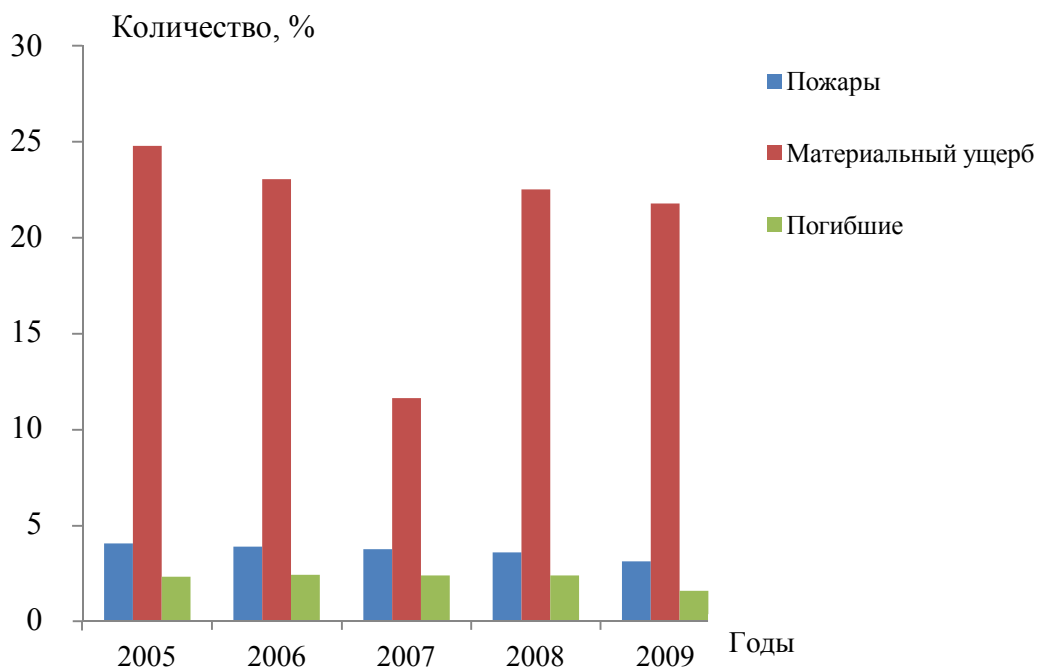


Рис. 1. Диаграмма количества пожаров, погибших и материального ущерба в промышленности (% от общего количества) в период 2005-2010 гг.

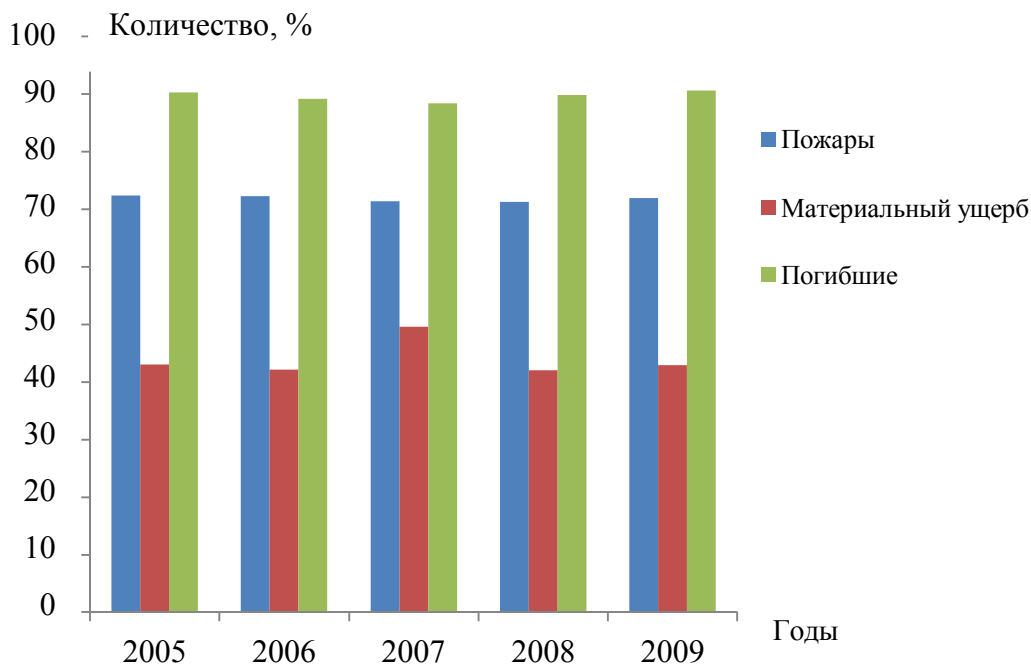


Рис. 2. Диаграмма количества пожаров, погибших и материального ущерба в жилом секторе (% от общего количества) в период 2005-2010 гг.

Из анализа статистических данных видно, что общий материальный ущерб от пожаров на промышленных предприятиях примерно в 2 раза ниже, чем в жилом секторе, но пожаров в жилом секторе происходит примерно в 17,7 раза больше. Это свидетельствует о том, что материальный ущерб от каждого пожара в промышленности гораздо выше, чем от пожара в жилом секторе.

Несмотря на то, что в настоящее время имеются достаточные предпосылки для автоматизированного решения задач обнаружения пожаров на промышленных предприятиях в рамках систем пожарной безопасности промышленных объектов (большой объём памяти и высокое быстродействие ЭВМ, наличие достаточного опыта создания и эксплуатации автоматизированных систем и т.д.), существует ряд проблем: сложность систем пожарной безопасности, большое число их взаимосвязанных элементов и огромный объём обрабатываемой информации, потребность в обнаружении пожара на ранней стадии его развития, необходимость автоматизированного контроля работоспособности автоматических средств обнаружения пожара, невозможность использования проводных средств в труднодоступных и удалённых местах.

Исходя из перечисленного видно, что следует считать весьма актуальной проблему создания автоматизированных систем обнаружения пожаров на промышленных предприятиях **на основе сенсорных сетей**. Такая система будет решать следующие задачи:

- обнаружение пожара на ранней стадии развития с помощью миниатюрных устройств (сенсоров);
- передача информации о состоянии объекта контроля по радиоканалу на панель управления;
- контроль и принятие решений в аварийном режиме работы.

Автоматизированная система обнаружения пожара должна своевременно распознавать пожар на ранней стадии его развития, передавать информацию на вышестоящий уровень автоматизированной системы пожарной безопасности промышленного объекта.

Известно, что на промышленных объектах должны приниматься повышенные меры пожарной безопасности, во-первых, из-за большого количества людей, сконцентрированных на производстве, во-вторых, из-за опасности, исходящей непосредственно от производства. Но, по результатам исследований выявлено, что принимаемые меры недостаточны и пожары на производстве – не редкость в мировой истории.

Раннее обнаружение пожаров играет очень важную роль в системах пожарной безопасности объектов, поскольку оно обеспечивает своевременное принятие мер по ликвидации пожаров и позволяет сократить людские и материальные потери [1].

Проведён анализ действующих систем обнаружения пожаров на промышленных объектах.

Одним из существенных недостатков используемых в настоящее время систем обнаружения пожаров на промышленных объектах является отсутствие достаточно эффективного раннего их обнаружения. Решением этой проблемы может стать непрерывный мониторинг объектов с целью обнаружения пожаров на ранней стадии их возникновения и развития с использованием *беспроводных* систем, датчики которых можно расположить непосредственно рядом с технологическими установками и на самих установках.

Информационный обмен между датчиками и пультами управления осуществляется по радиоканалам. Множество узлов, контролирующих определённые параметры среды, образуют разветвлённую сенсорную сеть.

Сенсорная сеть представляет собой совокупность взаимодействующих узлов, связанных с внешней средой датчиками (сенсорами). В каждом узле имеется вычислительное устройство (процессор) и приёмопередатчик. Вычислительное устройство управляет узлом, включая приёмопередатчик, а также осуществляет первичную обработку поступающих от датчиков. После первичной обработки информация передается узлом по (беспроводной) коммуникационной сети в центральный пункт, где поступающая от всех узлов информация обрабатывается и анализируется [2].

Работы над сенсорными сетями начались в 1980 г. [3] по программе "Распределённые Сенсорные Сети" DSN (Distributed Sensor Networks), инициированной оборонным агентством по современным исследовательским проектам DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Сеть Интернет, разработанная также в рамках агентства DARPA, к этому моменту успешно функционировала в течение нескольких лет и объединяла более 200 компьютеров в университетах и научно-исследовательских центрах и институтах США.

Разработчиками сети Интернет в рамках проекта DSN были применены усилия по реализации принципов пакетной коммутации и стека протоколов TCP/IP в распределённых сетях, состоящих из простых устройств, позже названных сенсорами. Аппаратная база для реализации сенсорных сетей в то время была достаточно слабой и количество уже разработанных технологий,

которые могли бы быть применены, было ограничено – модемы функционировали на скорости 9600 бод, а технология Ethernet только что вышла на рынок.

В связи с этим участники проекта DSN были вынуждены как определять концепцию сенсоров и сенсорных сетей, так и непосредственно осуществлять их техническую разработку. Для поддержки проекта DSN агентство DARPA осуществляло грамотное руководство проектом, в связи с чем к этому проекту им также были привлечены эксперты по искусственному интеллекту. Среди приоритетных областей исследований, с точки зрения проекта DSN, были определены распределённые вычисления, обработка сигналов и передача данных через беспроводный интерфейс.

В первой половине 80-х годов был создан ряд тестовых сенсорных сетей, среди которых необходимо отметить следующие [4]:

- тестовая сенсорная сеть под управлением операционной системы Accent, Carnegie Mellon University (США), 1981 г. [5];
- тестовая акустическая сенсорная сеть для наблюдения за маршрутами вертолетов, Massachusetts Institute of Technology (MIT) (США), 1984 г. [6];
- тестовая сенсорная сеть, усложнённая алгоритмами распределённых вычислений, Advanced Decision Systems (США), 1986 г. [7].

В результате исследований, проведённых в Калифорнийском университете (Беркли), была разработана концепция беспроводных сенсорных сетей, получившая название "Умная пыль" [8]. Идея "умной пыли" подразумевает, что узлы сети представляют собой крошечные, беспроводные сенсоры или "пылинки", которые в процессе функционирования должны самостоятельно находить друг друга и организовывать коммуникационную сеть для передачи информации от сенсоров в пункт управления. На первом этапе инициаторам проекта было предложено создать прототипы пылинок на основе уже имеющейся элементной базы. Эта часть задачи была решена путем создания сенсорного узла MICA-2 и его вариантов [9].

В первых пылинках для этих целей использовался нелицензируемый радиоканал на частотах 433 МГц. Однако при этом размеры устройств в целом (сенсорный блок с приемопередатчиком и источником питания) определялись уже не размером сенсорного блока, а значительным размером антенны, что в какой-то степени дискредитировало идею крошечных размеров. Кроме того, используемые решения не отличались низким потреблением мощности. Среди их достоинств – значительная дальность передачи.

Осознание проблемы передачи данных привело к рассмотрению возможности применения ряда альтернативных каналов связи, включая оптические и акустические. Но всё же радиоканалы являются по-прежнему более предпочтительными [2].

В начале XXI века, с развитием технологий в микроэлектронике, стало возможным создание относительно дешевой элементной базы для сенсоров.

Исследования в области беспроводных сенсорных сетей явились основой для разработки первого адаптированного стандарта беспроводной связи IEEE 802.15.4 и его промышленной версии ZigBee. Эти узкополосные беспроводные средства используют частотные области 868, 915 и 2400 МГц. С целью расширения возможностей применения персональной беспроводной связи, в том чис-

ле для сенсорных сетей, в 2007 г. был принят стандарт IEEE 802.15.4a, предусматривающий использование в качестве носителей информации сверхширокополосных электромагнитных сигналов [2].

Осуществление мониторинга за состоянием пожарной безопасности промышленных предприятий с помощью беспроводных сенсорных сетей имеет ряд преимуществ:

- возможность расположения элементов обнаружения в труднодоступных местах, куда трудно и экономически неэффективно прокладывать кабельные средства;
- быстрое и удобное развертывание и обслуживание системы;
- способность сети при вероятности выхода из строя одного сенсора передавать информацию через соседние элементы;
- возможность построения сети разного размера за счет добавления и исключения любого количества элементов;
- длительное время работы без замены элементов питания;
- своевременное обнаружение вышедших из строя сенсоров при адресном опросе устройств.

В то же время беспроводные сенсорные сети имеют недостатки:

- чувствительность к электромагнитным помехам в радиоканале;
- ослабление сигнала при прохождении через преграды (железобетонные стены и перекрытия);
- отсутствие инструментов, позволяющих оптимально размещать сенсорные узлы на промышленных объектах.

Литература

1. **Топольский Н.Г.** Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. М.: МИПБ МВД России, 1997. 164 с.
2. **Сверхширокополосные** прямохаотические беспроводные сенсорные сети / Дмитриев А.С., Ефремова Е.В., Клецов А.В., Кузьмин Л.В. // Труды III Всероссийской научной конференции "Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике". Муром, 2010. С. 17-21.
3. **Chong C.-Y., Kumar S.P.** Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges // Proceedings of the IEEE, vol. 91, issue 8, August 2003. Pp. 1247-1256.
4. **Кучерявый Е.** Беспроводные сенсорные сети и их роль в прогрессивном обществе XXI века // Первый профессиональный журнал для специалистов в области телекоммуникаций и информационных технологий "Информационные телекоммуникационные сети", № 2, 2006. С. 36-45.
5. **Rashid R., Robertson G.** Accent: a communication oriented network operating system kernel // Proc. 8th Simp. Operating System Principles, 1981. Pp. 64-75.
6. **Knowledgebased** speech analysis and enhancement / Myers C., Oppenheim A., Davis R., Dove W. // The International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, San Diego, CA, 1984.
7. **Chong C.Y., Mori S., Chang K.C.** Distributed tracking in distributed sensor networks // Presented at the Amer. Control Conf., Seattle, WA, 1986.
8. **Wireless** sensor networks – a mission to the USA // Report of DTI global watch mission. November 2005.
9. **Crossbow** Technology Inc. MTS/MDA Sensor Board Users Manual. San Jose: 2007. http://www.xbow.com/support/Support_pdf_files/MTS_MDA_Series_Users_Manual.pdf.