

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы докторанта PhD  
специальности 6D071600 – «Приборостроение» Айтимова М. Ж. на тему  
«Исследование вариантов реализации и разработка комплекса  
многопараметровых интеллектуальных частотных датчиков для  
интегрированных ON-LINE систем контроля состояния окружающей среды»

**Актуальность работы** обусловлена потребностью в достоверной информации о состоянии окружающей среды и оценке возможности возникновения ЧС: селевой опасности, пожаров, загрязнения водных источников, аварий на стратегических и особо опасных объектах и проч.

Окружающая среда подразумевает ту материальную обстановку, которая соприкасается с человечеством и позволяет каждому человеческому организму функционировать на нашей планете. К ОС можно отнести: водную и воздушную среды, сушу. И если указанные компоненты ОС будут не соответствовать определенным требованиям, проживание населения в области с нарушенной экологической обстановкой будет или затруднено, или вообще невозможно.

Нарушения ОС могут быть обусловлены влиянием, как человека, так и иметь техногенный характер. Влияние человека чаще всего прослеживается в загрязнении водной и воздушной сред, вырубке лесов в горных и предгорных районах, бассейнах рек, степной местности.

Техногенные катастрофы связаны, в первую очередь, с сейсмической активностью в горах и предгорьях, а также с разливами рек, таянием снегов, переполнением и прорывами моренных озер и проч., в результате которых территории наносится значительный экономический ущерб.

Применительно к Казахстану, особый ущерб от ЧС природного характера приходится на селевые явления. Селевые потоки, как правило, внезапны и кратковременны, зачастую характеризуются катастрофическими последствиями - причиняют громадный материальный ущерб и нередко сопровождаются жертвами.

Существующие в настоящее время СМК ОС не выдерживают критики в плане решения задач, открытости, надежности и оперативности. Так, ведущая организация Казахстана ГУ «Казселезащита» МЧС РК практикует в настоящее время аэровизуальный мониторинг источников селевой опасности, который не обеспечивает необходимой оперативности и точности определения уровня воды высокогорных озёр и, к тому же чрезвычайно дорог, причём проводится лишь в примыкающей к городу Алматы и Алматинской области в горной зоне Заилийского Алатау.

Таким образом, создание многоуровневой СМК ОС, является чрезвычайно актуальной задачей не только для Казахстана, но и для многих стран, имеющих горные и предгорные территории.

Основой СМК ОС являются многопараметровые датчики физических величин, которые определяют информативность и надежность всей системы.

Таким образом, разработка интегрированных ON-LINE систем контроля состояния окружающей среды на основе комплекса многопараметровых интеллектуальных частотных датчиков, является актуальной задачей еще до конца не решенной в Казахстане и в странах ближнего зарубежья.

**Целью работы** является исследование и проектирование интегрированных ON-LINE систем использующих интеллектуальные радиочастотные датчики и систему индивидуального учета загрязнений окружающей среды, производимых техногенными объектами.

**Основные задачи:** Для достижения указанной цели в диссертации ставятся и решаются следующие основные задачи:

1. Анализ состояния и тенденций развития СМК ОС
2. Исследование принципов и выбор базовых преобразования физико-химических величин в многопараметровых датчиках СМК ОС.
3. Разработка и исследование комплекса моделей компонентов многопараметровых датчиков
4. Исследование и анализ конструктивных и информационных особенностей многопараметровых датчиков с вторичными электронными частотными преобразователями
5. Разработка программ и алгоритмов функционирования многопараметровых частотных датчиков для интегрированных ON-LINE систем.

**Обоснование необходимости проведение данной НИР. Основание и исходные данные для разработки темы. Связь с другими НИР.**

Обоснованием необходимости работы является Закон Республики Казахстан «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера», в котором предусмотрено проведение научных исследований, наблюдений, контроля обстановки, прогнозирования и оповещения об угрозе аварий, бедствий и катастроф. Там же указано, что в основные задачи НИР в области ЧС природного и техногенного характера входит разработка методов мониторинга и создание банка данных ЧС, методов прогноза, предупреждения, мер контроля и средств защиты, целевых и научно-технических программ по прогнозированию, оценке последствий, предупреждению и ликвидации ЧС.

Создание всей законченной СМК ОС является чрезвычайно трудной и трудоемкой задачей, решить которую традиционными методами под силу только специализированным коллективам разработчиков, имеющих специалистов по аппаратной части, программистов, конструкторов, системщиков, технологов и проч. Но, в результате развития теории и практики современных ИИС, АСУТП, СКАДА и других систем контроля и управления, был принят на вооружение подход открытых систем, использующих стандартные технологические платформы, стандартные интерфейсы и проч., что позволяет децентрализовать разработку СМК ОС. При этом основным уровнем СМК ОС является нижний: уровень преобразователей физических величин – датчиков, от надежности, точности и информативности которых зависит работа всей системы мониторинга. Поэтому для повышения

информативности и снижения числа типов датчиков физических величин, они должны быть многофункциональными, что подразумевает одновременное измерение одним датчиком сразу несколько величин.

**Идея работы** заключается в повышении качества проведения процессов мониторинга на основе предложенных многопараметровых частотных датчиков физических величин и программного обеспечения

**Методы исследования.** Поставленные в работе задачи решены с использованием математического аппарата квалиметрии, теории физики твердого тела теории планирования методов математического моделирования, В качестве инструментов моделирования применялись современные пакеты прикладных программ: MathLab, Mathcad, Компас 3D.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. Проведены исследования и анализ состояния и перспектив развития комплекса технических и программных средств СМК ОС и определены базовые понятия.
2. Разработаны технические требования к датчикам физических величин, используемых для СМК ОС.
3. Разработан комплекс физико-математических моделей многопараметровых датчиков физических величин.
4. Исследованы и проанализированы конструктивные и программные методы повышения качества многопараметровых датчиков.
5. Разработана методика испытаний и метрологической аттестации многопараметровых датчиков.
6. Разработана мобильное приложение для использования в СМК ОС

**Обоснование и достоверность результатов и выводов.** Обоснованием необходимости разработки данной темы является её актуальность, обеспечение информированности людей при признаках возникновения ЧС или опасных ситуаций, что является важнейшей научно-технической и социально-экономической задачей. Достоверность разработанных научных положений и выводов подтверждена результатами испытаний экспериментальных образцов многофункциональных датчиков.

#### **Современное состояние проблемы и новизна темы**

В области создания СМК селевых процессов активно работают такие организации, как Казсельзащита, РК, Институт автоматики и информационных технологий НАН КР, МГУ им. Ломоносова РФ и ряд других проектных организаций и институтов СНГ. Но в настоящее время нет разработок систем мониторинга и контроля ОС, которые могут быть масштабированы для различных видов мониторинга и самих объектов. Кроме того, в существующих работах и созданных системах используются датчики физических величин, рассчитанные на измерение какой-либо одной величины, что сужает функциональные возможности систем.

**Техническая проблема исследования** создать экспериментальный образец ON-LINE системы мониторинга, оснащенной многопараметровыми датчиками.

**Задачами исследования являются:**

- обзор и анализ состояния и тенденций развития СМК ОС
- выбор и исследование принципов преобразования физико-химических величин в многопараметровых датчиках СМК ОС.
- моделирование элементов, структур и схем многопараметровых датчиков
- исследование и анализ конструктивных и информационных особенностей многопараметровых датчиков с вторичными электронными частотными преобразователями
- разработка программ и алгоритмов функционирования многопараметровых интеллектуальных частотных датчиков для интегрированных ON-LINE систем.
- экспериментальная апробация результатов разработки.

**Объект исследования** является комплекс многопараметровых частотных датчиков для интегрированных ON-LINE систем контроля состояния окружающей среды.

**Предметом исследования** является многопараметровые датчики объединенные в ON-LINE систему мониторинга.

**Методологическая основа работы** состоит в соблюдении следующей последовательности: разработка концепции, аналитическое моделирование; компьютерное моделирование; апробация результатов путем испытаний экспериментальных образцов многопараметровых датчиков

**В ходе выполнения диссертационной работы впервые получены и выносятся на защиту следующие результаты:**

1. Основные особенности и структура системы мониторинга и контроля окружающей среды.
2. Комплекс физико-математических моделей многопараметровых датчиков физических величин.
3. Схемотехническая реализация СМК ОС на базе частотных датчиков
4. Конструкции многопараметровых датчиков.
5. Конструктивные и программные методы повышения качества многопараметровых датчиков.

**Научные результаты в рамках требований к диссертациям**

Диссертационная работа является целостным научным исследованием, содержащей глубокий анализ состояния вопросов в исследуемой области, проработку актуальных направлений и обоснование достигнутых научных результатов. Диссертация состоит из введения, 4-х разделов, заключения, списка использованных источников и приложения.

Во введении раскрыты актуальность, конкретизированы проблемы, связанные с исследуемой проблемой. Приведены идея работы, цели и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность работы.

В первом разделе диссертационной работы рассмотрено состояние и перспективы развития систем мониторинга и контроля состояния окружающей

среды (СМК ОС), в частности, программно-аппаратное оснащение, структура систем, решаемые ими задачи, обзор, классификация и анализ конструкций частотных датчиков физических величин, конструкция DPНагp-сенсора. Сделано краткое обоснование задачи разработки комплекса многопараметровых датчиков ON-LINE систем контроля состояния окружающей среды.

Во втором разделе изложены принципы построения и функционирования интегрированных ON-LINE систем и номенклатура датчиков физических величин. В частности, представлена концепция построения СМК селеопасности, в которой обозначен весь комплекс технических средств, включая датчиков физических величин, которые устанавливаются непосредственно на объекте контроля, а также передатчики и приемники информации, передаваемой от отдаленных и распределенных по территории датчиков физических величин. Проведено исследование принципов преобразования физических величин в многопараметровых датчиках. Разработаны физико-математические модели полупроводниковых чувствительных элементов, с использованием электрических аналогов распределенных сенсорных структур, структур датчиков, методы измерения давления, терморезистивного метода. Анализ конструктивных решений моделирования элементов и структур датчиков, технологических особенностей многопараметровых датчиков.

В третьем разделе рассмотрены вопросы исследования и анализа схемотехнических решений реализации многопараметровых датчиков. Разработаны алгоритмы, схемы и программы для многопараметровых частотных датчиков для интегрированных ON-LINE систем, приведена схема разрабатываемой по гранту СМК загрязненности водных сред с привязкой устанавливаемых датчиков. Проведена разработка, моделирование и исследование многопараметрических датчиков. Рассмотрены частотные интегрирующие развертывающие преобразователи с вторичными электронными частотными преобразователями с модуляцией и без модуляции выходного сигнала измерительной цепи. Главным преимуществом интеллектуального датчика является динамическое программирование в зависимости от изменений в требованиях от любых внешних условий и требования заказчика.

В четвертом разделе изложены результаты проведенных исследований в части реализации многопараметровых частотных датчиков и результаты испытания их экспериментальных макетов. Приведены конструкции чувствительных элементов и измерительных модулей емкостных датчиков со встроенными электронными преобразователями, а также разработанные в процессе диссертации схемотехнические решения и экспериментальный макет измерительного канала СМК загрязненности.

В заключении диссертационной работы сформулированы основные результаты работы. В приложениях представлены результаты протоколов испытаний датчиков и акты внедрения.

### **Практическая значимость работы.**

- Разработано мобильное приложение на базе Arduino, который позволил проверить основные разработанные конструктивные и программные решения.
- получен инновационный патент №29649 KZ "Система индивидуального учета загрязнений окружающей среды, производимых техногенными объектами"
- результаты диссертационного исследования использовались в учебном процессе кафедры «Робототехника и технические средства автоматизики» КазНИТУ имени К.И.Сатпаева, кафедры «Прикладная и бизнес информатика» Пензенского филиала МГУ ТУ им. К.Г. Разумовского, ООО НПЦ «КИТ», г. Пенза.

**Апробация результатов работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались: на семинарах кафедры «Робототехника и технические средства автоматизики» КазНИТУ имени К.И.Сатпаева; 5-ой МНПК «Научные аспекты инновационных исследований», Самара, 2013; 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing. Belfort, France; МНТК «Проблемы автоматизации и управления в технических системах» Пенза ПГУ 2015; XII МНП интернет-конференции «Молодежь. Наука. Инновации» (Youth.Science.Innovation) «МГУТУ» им. К.Г. Разумовского (ПКУ) Пенза 2016.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ, из них 6 статей в журналах, рекомендованных Комитетом КСОН, 6 доклада на Международных конференциях, 3 статьи в базе Scopus, был получен 1 инновационный патент. Была выпущена учебное пособие под названием «Технические измерения в технологии и производстве радиоэлектронной аппаратуры и измерительных систем».