

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

**С. П. Пронин, В. Н. Седалищев, В. И. Замятин, Д. Е. Кривобоков,
Е. А. Зрюмов, А. С. Воронов, Е. С. Кононова, А. В. Юденков, А. П. Потапов**
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Кафедра информационных технологий Алтайского технического университета им. И.И. Ползунова ведет научно-технические разработки по нескольким направлениям:

1. Растровые сопряжения в приборах контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.
2. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики в приборах контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.
3. Контроль сжигания углеводородов в газовом котле.
4. Приборы контроля механических и электрохимических параметров жидких сред.
5. Триангуляционные системы контроля микроперемещений.

Растровое сопряжение образуется за счет наложения двух растров друг на друга, в результате чего образуются комбинационные (муаровые или нониусные) полосы. В качестве первого растра используется разработанный на кафедре пирамидальный растр, который с помощью объектива проецируется в плоскость многоэлементного фотоприемника видеокамеры, а в качестве второго – фоточувствительные элементы ПЗС-фотоприемника этой видеокамеры. Общая структурная схема системы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий приведена на рисунке 1.

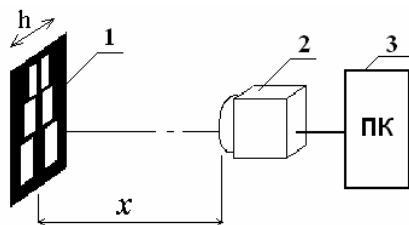


Рисунок 1 – Структурная схема приборов контроля, основанных на растровом сопряжении

Система контроля содержит пирамидальный растр – 1, видеокамеру – 2, и перс-

ональный компьютер – 3. Приведенная система используется для контроля микроперемещений и вибраций, качества жидких сред и концентрации аэрозолей в воздушной среде.

Контроль микроперемещений осуществляется по изменению величины сигнала на определенных пространственных частотах пирамидального растра. На расстоянии $x = 1,5$ м, в диапазоне перемещений $h = 4$ мм разрешающая способность составляет 40 мкм. Это расстояние не является пределом и может быть увеличено до десятков метров. Программное обеспечение можно адаптировать в охранную сигнализацию видеонаблюдения, которая позволит контролировать пространственные смещения различных строительных конструкций, например, крыши бассейна.

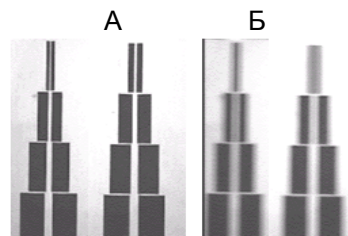


Рисунок 2 – Изображение пирамидального растра в статике – А и динамике – Б

Эту же систему можно использовать при сборке деталей фюзеляжа самолета, для контроля параметров вибропроцессов, в частности частоты и амплитуды вибраций. Статическое и динамическое изображения растров представлены на рисунке 2. Частота, размах, скорость вибропроцесса определяют контраст в изображении штрихов на различных пространственных частотах в пирамидальном растре.

Одним из основных параметров в определении качества жидких сред и аэрозолей является показатель ослабления. Показатель ослабления используют при контроле дымности отработавших газов, метеорологической оптической дальности видимости, различных жидкостей в медицине, микробиологии, хими-

ческой промышленности и т.д. В кафедральных разработках указанный параметр определяют по изменению контраста в изображении пирамидального раstra на определенных пространственных частотах в его статическом положении. На рисунке 3 представлено изменение контраста в изображении пирамидального раstra в зависимости от концентрации цементной пыли. Первое изображение фиксируют при прозрачной воздушной среде. Второе и последующие изображения – при различных ее концентрациях.

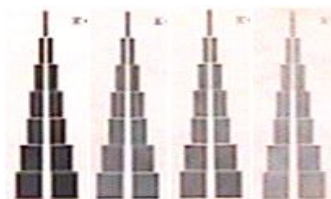


Рисунок 3 – Изменение контраста в изображении пирамидального раstra в зависимости от концентрации цементной пыли

Тип ПИП	МСК	МСП	МСВ	Режим
С одним автогенератором				Низко- (высоко) чувствительный
С двумя автогенераторами				Высоко- (низко) чувствительный
Категория рабочих условий	Тяжелые рабочие условия	Жесткие рабочие условия	Экстремальные рабочие условия	

Рисунок 4 – Классификация первичных преобразователей, основанных на использовании связанных колебаний в пьезорезонансных структурах

Второе направление разработок представляют высокочувствительные пьезорезонансные датчики, способные надежно функционировать в тяжелых и даже экстремальных условиях эксплуатации. На рисунке 4 представлена классификация первичных преобразователей, основанных на использовании связанных колебаний в пьезорезонансных структурах. Условные обозначения в приведенной таблице: МСК-датчики – датчики, выполненные на модуляции связанных колебаний; МСП-датчики – на модуляции связанных резонаторов; МСВ-датчики – на модуляции связанных волн; **АГ** – автогенератор; **ПР**-пьезорезонатор; **В** – вибратор. На основе МСК-датчика разработан прибор контроля вязкости жидкости. Структурная схема представлена на рисунке 5. Пьезоэлемент помещают в жидкость. Соотношение амплитуды

колебаний в центре и по краям диска дает информацию о вязкости жидкости. Предназначен для использования в жестких условиях.

На рисунке 6 представлены конструкции измерительных преобразователей на основе акустически связанных пьезорезонаторов (МСП). Пьезорезонаторы могут быть связаны через газовую среду, жидкость или через твердое тело. Обладают очень высокой чувствительностью. Представленные конструкции позволяют создавать приборы контроля давления, расхода, уровня, концентрации, скорости потоков.

На рисунке 7 показан третий тип датчика – пьезорезонансный МСВ -датчик. Он предназначен для контроля уровня сыпучих материалов. Датчик способен выдерживать температуру до 200°C, поэтому может быть ис-

пользован для контроля уровня золы в бункерах, применяемых на тепловых электростанциях.



Рисунок 5 – Датчик вязкости на основе дифференциального пьезотрансформаторного преобразователя (МСК)

На рисунке 7 показан третий тип датчика – пьезорезонансный МСВ-датчик. Он предназначен для контроля уровня сыпучих материалов. Датчик способен выдерживать температуру до 200°C, поэтому может быть использован для контроля уровня золы в бункерах, применяемых на тепловых электростанциях. Датчик состоит: 1 – вибратор; 2 – элемент акустической связи; 3 – пьезорезонатор; 4 – электронный блок; 5 – контролируемый материал.

Общий вид разработанных и изготовленных приборов представлен на рисунке 8.

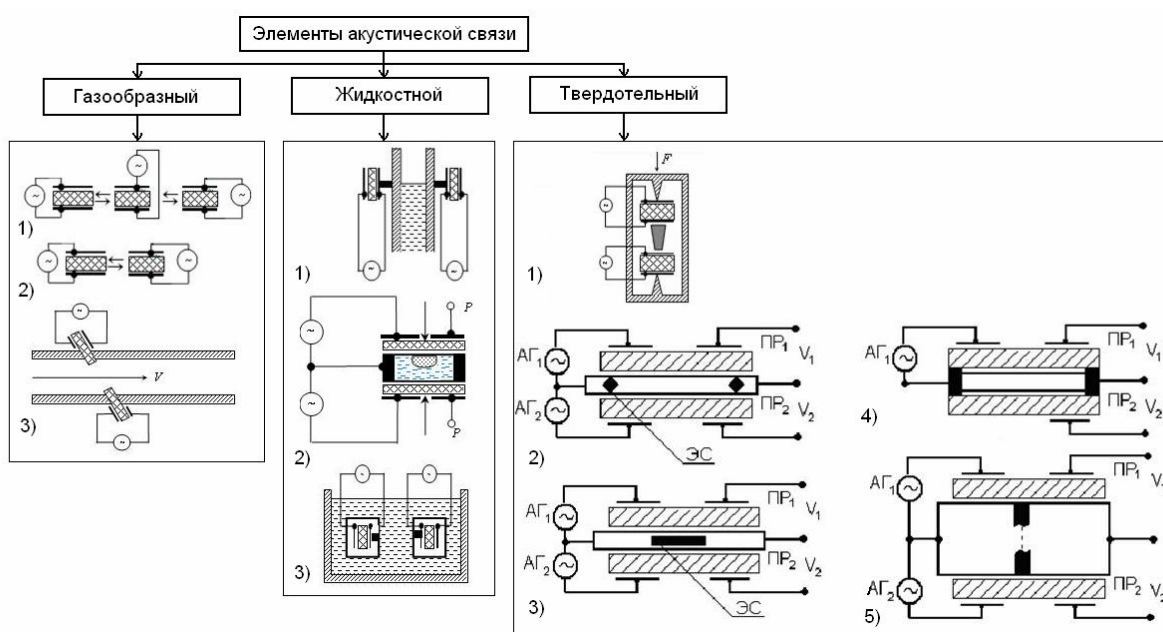


Рисунок 6 – Конструкции измерительных преобразователей на основе акустически связанных пьезорезонаторов (МСП)

Третье направление разработок представляют исследование и создание интеллектуальных приборов контроля рационального сжигания углеводородов в газовом котле. Нерациональное использование газа в промышленности связано с изменением соотношения «газ – воздух» в горелке газового котла.

В ходе эксперимента с помощью газоанализатора был выбран оптимальный режим работы газового котла, КПД которого максимальный, а затем изменяли соотношение «газ – воздух» как в одну, так и в другую сторону. Параллельно с контролем состава и концентрацией отходящих газов производился контроль цветности пламени горения газовой смеси с помощью цветной видео-

камеры. Часть результатов эксперимента представлена на рисунке 9.

Цветность пламени горения газовой смеси характеризуется тремя основными цветами модели RGB (красный, зеленый, синий). На рисунке 9, А в исследуемом режиме работы газового котла концентрация углекислого газа уменьшилась на 12 %. Это изменение влечет за собой увеличение параметров В на 19 %, G – на 18 %. КПД остается неизменным. На рисунке 9, Б в исследуемом режиме работы газового котла концентрация угарного газа увеличилась почти в два раза, что привело к уменьшению параметра В в три раза и уменьшению КПД работы газового котла. На рисунке 10 представлены изображения газовой грелки и обобщенный алго-

ритм контроля режима работы газового котла.

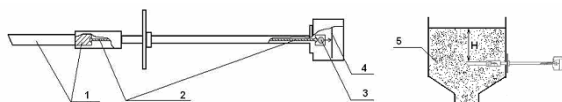


Рисунок 7 – Структурная схема пьезорезонансного МСВ-датчика уровня сыпучих материалов



Рисунок 8 – Прибор уровня сыпучих материалов СУР-112 – 1; прибор контроля вязкости жидких сред ВР-1 – 2

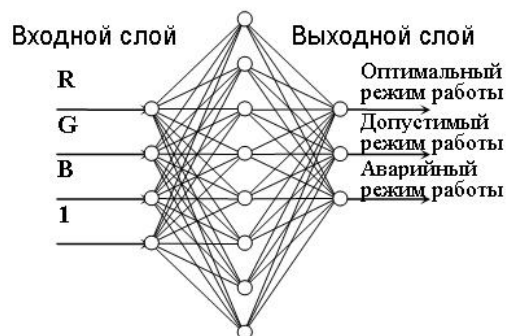


Рисунок 10 – Изображение газовой горелки и алгоритм контроля режима работы газового котла

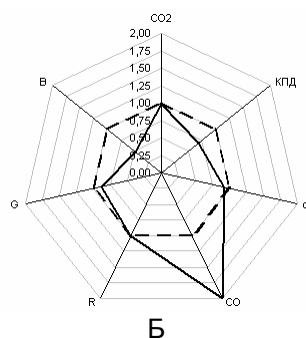
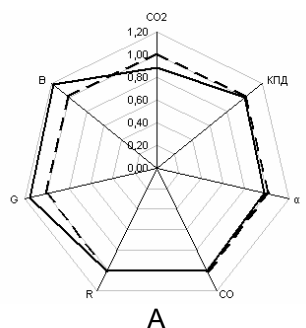
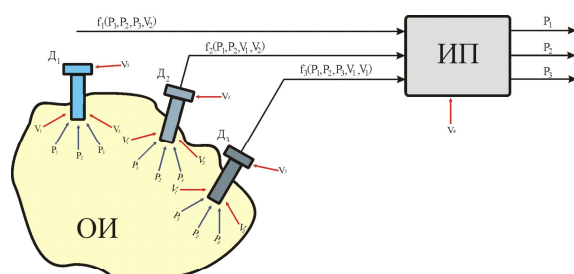


Рисунок 9 – Экспериментальные данные сжигания углеводородов в газовом котле

Четвертое направление – разработка и исследование метода измерительных преобразований для приборов контроля механических и электрохимических параметров жидких сред, основанного на использовании адаптивного интеллектуального механизма измерительных преобразований. На рисунке 11 представлена классическая схема реализации прибора контроля. На рисунке 12 – предложенная схема реализации прибора контроля.

Основная идея предлагаемого метода измерений состоит в том, что механизм измерительных преобразований прибора контроля реализуется таким образом, что объект измерений становится неотъемлемой частью измерительной цепи и входит в состав системы активных элементов. С другой стороны, условный образцовый элемент, с которым сравнивается объект контроля, также является частью системы из активных элементов и связан с ними управляемыми параметрами.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ



ОИ - объект измерений;
ИП - измерительный преобразователь;
Д - датчик;
 P_i - искомые параметры;
 V_i - "мешающие" параметры.

Рисунок 11 – Классическая схема реализации прибора контроля

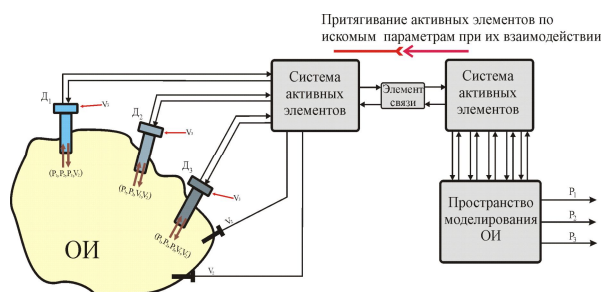


Рисунок 12 – Предложенная схема реализации прибора контроля

Таким образом, реализуется процесс притягивания или слипания двух систем из активных элементов, одна из которых содержит объект контроля, а другая – элемент сравнения с регулируемыми параметрами. В установившемся режиме параметры элемента сравнения идентичны соответствующим параметрам, характеризующим объект контроля, что является результатом измерительных преобразований. Иными словами, реализуется адаптивная самоорганизующаяся измерительная система. Причём, элемент сравнения может быть как физическим, так и виртуальным устройством.

Внедрение результатов исследований интеллектуальных механизмов измерительных преобразований позволило адаптировать систему многопараметрического контроля концентрации электролитов к условиям тех-

нологического процесса, что позволило улучшить метрологические характеристики по отношению к аналогичным системам, положительно отразилось на качестве контроля и выпускаемой продукции. На рисунке 13 представлен интеллектуальный прибор контроля концентрации электролитов.



Рисунок 13 – Интеллектуальный прибор контроля концентрации электролитов

Пятое направление – применение триангуляционной оптико-электронной системы для контроля микроперемещений, контроля вибраций технологического оборудования и строительных конструкций, контроля частотных характеристик пьезокристаллов, адаптивного шумоподавления. Структурная схема изображена на рисунке 14.

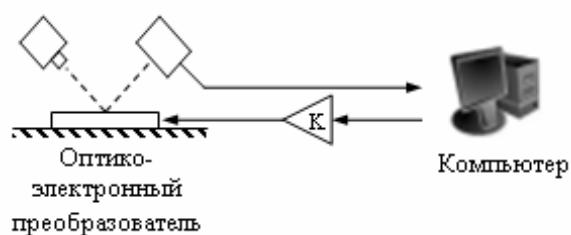


Рисунок 14 – Структурная схема триангуляционной оптико-электронной системы контроля материалов и изделий