

УДК 621.396.7

Т.Д.Раджабов, Х.К.Арипов, А.М.Назаров, Ю.В.Писецкий, З.Х.Пулатова.

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО РАДИОМОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГАЗОВ

В статье предложен новый подход к разработке системы мониторинга опасных газов промышленных объектов. Система основана на использовании собственного радиоканала. Представлена структура универсального сенсорного модуля с улучшенными характеристиками. Применен модернизированный термокаталитический сенсор. Приведена методика повышения селективности термокаталитического датчика. Разработанная система учитывает особенности специфического климата Центральной Азии и условия эксплуатации. Использование системы радиомониторинга обеспечивает надежную и безопасную работу объектов газовой отрасли.

Ключевые слова: экосистема, методы контроля, мониторинг, системы радиомониторинга, радиоканал, сенсоры, опасные газы, селективность.

Введение

В отдельных регионах нашей планеты мировые ученые разрабатывают специфические программы мониторинга экологического состояния геологической среды, мониторинга экологического состояния поверхностных вод, воздуха и связанных с ними экосистем. К таким регионам относится и Центральная Азия со своей уникальной геологической средой и экосистемой. Таким экосистемам уделяют особое внимание, поскольку они обладают свойством долгой и сложной восстанавливаемости, и нарушенный баланс в природе может привести к необратимым последствиям в случае серьезных антропогенных воздействий [1]. Учитывая быстрое развитие химической, нефтегазовой и других отраслей в Центральной Азии, разработки новых месторождений, построения для них новых транспортных сетей, требует также и развития современных методов и технологий, обеспечивающих их безопасную работу.

Поэтому разработка современных методов и приборов для контроля природной среды, в частности, концентрации в воздухе горючих и токсичных газов и предупреждении о превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных газов и нижнего концентрационного порога распространения (НКПР) горючих газов на промышленных предприятиях, является чрезвычайно актуальной темой исследований.

Мировой тенденцией, направленной на решение проблем мониторинга воздушной среды на больших площадях, связанных с утечками горючих и токсичных газов, стала разработка так называемых сенсорных сетей различного масштаба. Указанные системы собирают, анализируют и принимают решения по управлению исполнительными устройствами для предотвращения чрезвычайных ситуаций и оповещению соответствующих служб при превышении ПДК токсичных газов и НКПР горючих газов.

Практика показывает, что полностью исключить аварии и уменьшить до нуля опасность, невозможно. Поэтому техногенные аварии необходимо предупреждать или ослаблять их вредное воздействие путем перехода на новую стратегию

обеспечения безопасности, основанную на принципах их прогнозирования и предупреждения.

В связи с этим особую актуальность приобретает создание научно обоснованных методов мониторинга взрывоопасности, основанных на математическом моделировании аварийных ситуаций, создание устройств, способных защитить объекты технологических установок от влияния ударной волны.

Основная часть

Одними из основных требований, предъявляемых к системам мониторинга загазованности промышленных зданий, являются высокая оперативность и информативность системы, определяющие как объем данных о концентрациях взрывоопасных горючих газов и превышении ими допустимых порогов, так и оперативность их обработки, принятия решения и реагирования оператором системы в автоматическом режиме. В полной мере выполнить указанные требования возможно только при построении автоматизированной информационной системы мониторинга загазованности промышленных зданий и контроля на ее основе.

Технологической основой при построении системы мониторинга загазованности промышленного объекта является сенсорная сеть, объединяющая газовые датчики горючих и взрывоопасных газов и исполнительные устройства.

В зависимости от способа передачи данных от сенсоров к устройствам приема данных выделяют проводные и беспроводные сенсорные сети. В первом случае питание всех элементов сенсорной сети и передача данных по сети осуществляется по проводам. Во втором случае передача данных осуществляется по радиоканалу, а питание сенсоров осуществляется либо от электрической сети, либо от химических источников тока. В последнем случае горючат об автономной беспроводной сенсорной сети. Использование беспроводных сенсорных сетей для мониторинга и предотвращения чрезвычайных ситуаций наиболее перспективно (с точки зрения экономической эффективности, технологичности их развертывания, областей эксплуатации) с одновременным отказом от использования сетевого электрического питания.

Таким образом, целью исследований многих ученых стала разработка методик, алгоритмов и систем для гибкого мониторинга опасных взрывоопасных объектов, удовлетворяющих всем современным требованиям по обеспечению безопасной работы предприятий. Для достижения поставленных целей пользуются основными задачами:

- исследованием существующих методов мониторинга, устройств и систем;
- анализом инструментальных и программных средств разработки и отладки сенсорных систем мониторинга опасных объектов;
- изучением особенностей построения и функционирования сенсорных систем мониторинга опасных объектов;
- выявлением причин техногенных происшествий;
- разработкой эффективных методов и устройств мониторинга, учитывающих современные требования и адаптированные к определенным условиям эксплуатации.

Система единого экологического мониторинга предусматривает разработку двухуровневых математических моделей промышленных предприятий с различной глубиной проработки. Первый уровень обеспечивает детальное моделирование технологических процессов с учетом влияния отдельных параметров на окружающую среду.

Второй уровень математического моделирования обеспечивает эквивалентное моделирование на основе общих показателей работы промышленных объектов и степени их воздействия на окружающую среду. Эквивалентные модели необходимо иметь прежде всего на уровне администрации региона с целью оперативного прогнозирования экологической обстановки, а также определения размера затрат на уменьшение количества вредных выбросов в окружающей среде.

Моделирование текущей ситуации позволяет с достаточной точностью выявить очаги загрязнения и выработать адекватное управляющее воздействие на межгосударственном технологическом и экономическом уровнях [2].

В настоящий момент имеется множество различных способов применения системы радиомониторинга, в зависимости от требований разного рода промышленных, бытовых, стратегических, или других объектов [3].

В любых случаях комплект системы радиомониторинга представляет собой сложную цепь взаимодействующих основных устройств, включающую в себя: сенсорные блоки, содержащие в своем составе радиомодули, сенсорные модули, оснащенные необходимыми датчиками, центральное устройство управления и сбора информации. Также, при необходимости дополнительного сервиса, системы радиомониторинга могут включать в свой состав дополнительные устройства, в зависимости от предъявляемых требований. В целом, перечисленные основные устройства должны выполнять все функциональные задачи для бесперебойной работы системы: измерение физических величин; трансляцию измерений по радиоканалу; управление

датчиками; предоставление пользователю удобного интерфейса для сбора информации с датчиков и управления датчиками; архивирование информации собранной с радио-датчиков; работу в режиме ретранслятора данных, по необходимости.

Многие предприятия и сегодня используют проводные системы мониторинга, что с одной стороны удешевляет систему контроля за выбросами опасных веществ, с другой, делает ее менее надежной по критерию восстанавливаемости и немобильной.

Подавляющее большинство современных систем радиомониторинга строятся на основе сетей GSM. Такие системы тоже не всегда удовлетворяют требованиям надежности, поскольку в этом случае обмен информацией полностью зависит от радиоканалов сотовых станций. Тогда надежность используемой системы может снижаться на порядки, поскольку итоговая надежность системы есть произведение собственной надежности и надежности работы сотовой системы, обслуживающей рассматриваемую систему мониторинга.

Использование системы радиомониторинга имеет ряд основных преимуществ [4]:

1. Повышение уровня безопасности из-за невозможности перехватить сигнал с радиодатчика или сымитировать его;
2. Отсутствие кабельных каналов связи позволяет размещать датчики в труднодоступных местах в условиях сложной инфраструктуры производственных объектов;
3. В случае пропадания общего питания на объекте, система мониторинга продолжает функционировать и архивировать получаемую информацию;
4. Быстрота развертывания радиосети;
5. Высокая надежность системы в виду автономности работы.

В силу приведенных преимуществ использования собственного радиоканала предлагаемая система радиомониторинга, использует радиоканал в гражданском диапазоне на частоте 27 МГц, для передачи информации с датчиков на центральный пульт управления, с выходной мощностью передатчика 1 Вт. При этом дальность связи между периферийными блоками и центральным пультом управления составляет порядка одного километра. Выбор дальности обусловлен средними размерами площадей обслуживаемых предприятий. При необходимости, можно повысить мощность передатчиков, что в свою очередь увеличит дальность связи.

Система рассчитана также на то, что периферийные передатчики будут расположены в местах, где их питание возможно только от аккумуляторов. Поэтому их работа настроена дискретно, т.е. в определенном интервале времени. Интервал выбран 20 мин, причем в течение этих 20 мин каждый передатчик работает по 10 сек. Этим способом достигается экономное расходование энергии аккумуляторов [5].

Для повышения помехозащищенности используемого радиоканала, и обеспечения надежной защиты от промышленных помех и несанкцио-

нированного доступа к данным системы, передача сигналов производится в цифровой форме. Для этого в схемотехнические решения приемных и передающих устройств разрабатываемой системы были введены аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.

Опытный образец разработанной системы радиомониторинга состоит из четырех периферийных блоков, которые устанавливаются в местах

необходимого контроля параметров окружающей среды и центрального пульта управления, служащего для сбора и обработки информации. Периферийный блок состоит из радиоблока (приемника и передатчика) и сенсорного модуля в который входит датчик определяющий концентрации опасных газов [6]. Структура сенсорного модуля приведена на рисунке 1.

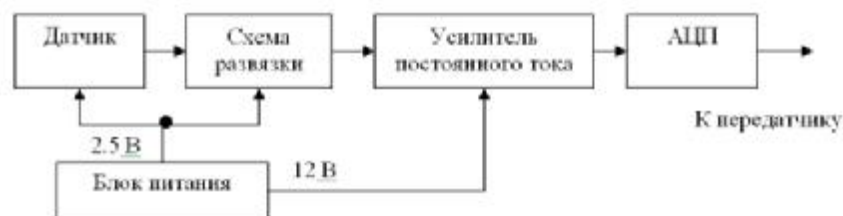


Рис. 1. Блок схема сенсорного модуля

Поскольку сигнал с выхода датчика слабый и недостаточен для обработки, в схеме применен усилитель постоянного тока для получения необходимой амплитуды с последующей подачей усиленного сигнала в АЦП и далее на передатчик. Так как сигнал с датчика не должен иметь общего потенциала, с земляным потенциалом усилителя, что влияет на параметры измерений датчика, использована схема гальванической развязки. Сигнал с датчика через схему развязки по питанию поступает на усилитель постоянного тока, где усиливается до напряжения, необходимого для нормальной работы АЦП.

Питание датчика и усилителя осуществляется от разных стабилизаторов напряжения: для датчика - 2,5В, для усилителя - 12В. Для этого разработан блок питания с двумя выходами напряжений, имеющий аккумулятор, а также преобразователь для возможности подключения к сети 220В.

Разработанный сенсорный модуль является универсальным и имеет возможность замены датчика на датчик любого типа, удовлетворяющего требованиям по питанию и выходным параметрам.

Датчик (сенсор), или газоаналитический прибор, в подобных системах мониторинга является одним из главных элементов. Здесь особое внимание уделяют показателю селективности прибора, поскольку она является очень важной метрологической характеристикой газоаналитических средств измерения. Селективность газоанализатора - это способность средств измерения из состава сложной газовой смеси выделять и определять искомый компонент с максимальной минимизацией влияния на конечный результат измерения других, неизмеряемых компонентов, входящих в состав этой же газовой смеси. То есть,

влияние неизмеряемых компонентов газовой смеси на результат измерения искомого компонента по своей величине должно быть меньше установленной максимальной абсолютной погрешности прибора. Средство измерения, удовлетворяющее это требование, считается селективным [7].

По проведенным исследованиям предлагается технология приготовления катализаторов, обеспечивающая селективность для разных ингредиентов, а также технология изготовления самих термокаталитических датчиков, в которых применяются эти катализаторы.

Принцип действия датчика, основан на измерении концентрации искомого компонента в газовой смеси по количеству тепла, выделяющегося при химической реакции каталитического окисления определяемого компонента на чувствительном элементе. Конструктивно датчик состоит из измерительного и компенсационного чувствительных элементов, включенных между собой с двумя постоянными резисторами по схеме неуравновешенного моста (рис. 2).

Спираль чувствительных, термоплатиновых элементов (ТПЭ) многослойно покрыты катализаторами с разной степенью активности, измерительный элемент - высокой степенью, компенсационный - низкой. При попадании газа в датчик, на поверхностях элементов происходит разнородное беспламенное окисление, вследствие чего меняются сопротивления элементов и мост выходит из равновесного состояния, в диагонали появляется ток пропорциональный содержанию измеряемого компонента. Получаемый на выходе сигнал, обусловлен разностью температур измерительного и компенсационного элементов, который составляет, не менее, 1 мВ на 20 мг/м³.

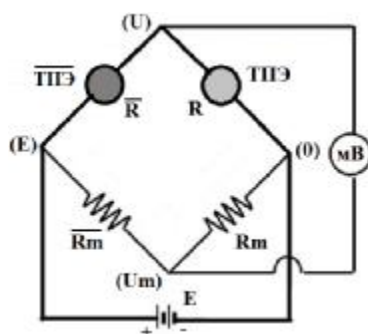


Рис. 2. Электрическая схема подключения ТПЭ с резисторами

Одним из важнейших приемов обеспечения селективности термокаталитического датчика горючих газов является использование термочувствительных элементов, содержащих катализаторы, обладающие различной степенью активности к компонентам газовой смеси.

К примеру, работа сенсора, обеспечивающего селективность определения CO в присутствии H₂, заключается в следующем: анализируемая газовая смесь подается на чувствительные элементы сенсора, при попадании анализируемого газа на катализатор происходит полное окисление смеси оксида углерода и водорода. В результате, выходной сигнал одного плеча, измерительного элемента мостовой схемы пропорционален суммарной концентрации оксида углерода и водорода, а выходной сигнал другого плеча, компенсационного элемента, пропорционален концентрации водорода. Разность сигнала измерительного и компенсационного элементов пропорциональна точной концентрации оксида углерода.

Датчик, в общем виде представляет собой камеру, в которой располагается мостовая схема с двумя плечами, содержащими измерительный и компенсационный элементы. Принцип действия термокаталитического датчика и способ обеспечения селективности заключается в следующем. Анализируемая газовая смесь диффузионно, либо принудительно, попадая в реакционную камеру, входит в механическое соприкосновение с поверхностью катализаторов, предварительно согретых электрическим током до температуры окисления искомого компонента. Катализаторы, в виде слоеного

пирога облегают платиновые спирали и обладают неадекватной степенью активности.

Катализатор, облегаяющий компенсационный элемент, обладает инертной активностью по отношению к измеряемому искомому компоненту.

Перед измерением, при отсутствии искомого компонента, мост находится в уравновешенном состоянии, выходной ток равен нулю. При появлении на термокаталитическом датчике искомого компонента, мост выходит из состояния равновесия вследствие изменения сопротивления измерительного элемента и в диагонали моста появляется ток, по величине пропорциональной измеряемой концентрации искомого компонента из газовой смеси. Таким способом в термокаталитическом датчике осуществляется одновременно избирательное разделение определяемого компонента из смеси газов и приводится его содержание.

Каждый из газов обладает особенными химическими и определенными физическими свойствами: молекулярный вес, плотность, вязкость, удельные электропроводимость и теплопроводность, температура воспламенения, и т.д. Определяя из смеси газов физические параметры искомого газа, так же возможно осуществить селективность датчика. В качестве основного физического параметра, для обеспечения селективности, выбрана температура воспламенения горючих газов (табл. 1).

Устанавливая на измерительном элементе термокаталитического датчика температуру, соответствующей температуре воспламенения искомого газа, проводится полное дожигание искомого компонента из состава горючих газов.

Таблица 1

Температура воспламенения горючих газов

Тип газа	Температура воспламенения
H ₂	580-590о С
CO	644-658 оС
CH ₄	656-750 оС
C ₂ H ₆	542-547о С
C ₂ H ₂	408-440о С

Таким образом, процесс осуществления селективности происходит в два, функциональных этапа [7].

На первом, химическом этапе, происходит химическое разделение газов. Это производится путем подбора активности различных катали-

заторов, предназначенных для термокаталитического беспламенного окисления, соответствующей группе горючих газов на термокаталитическом датчике.

А на втором этапе, физическом, селективность обеспечивается путем дополнительного

дожигания на этом же чувствительном элементе. Это происходит за счет специально устанавливаемой температуры для дожигания искомого компонента. Температура устанавливается подбором соответствующего размера величины тока, протекающего по измерительным элементам от стабилизированного источника питания вторичного прибора.

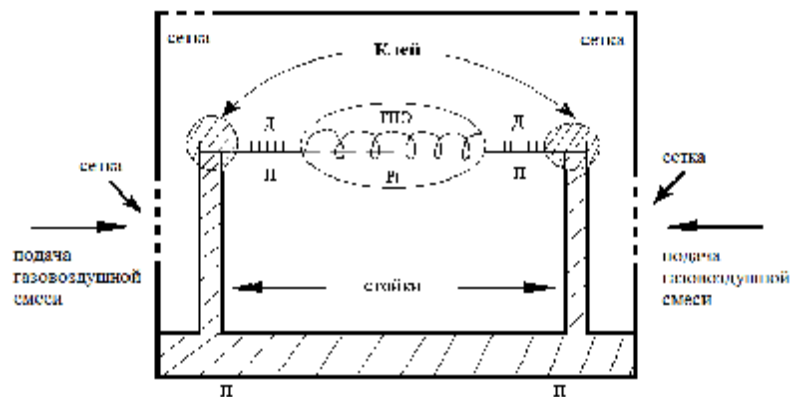


Рис. 3. Структурный вид термохимического сенсора

Термокаталитические газоанализаторы, имея миниатюрные размеры, обладают еще одним серьезным и немаловажным преимуществом по сравнению с другими существующими приборами, основанными на других методах. Приведенная выше методика повышения селективности термокаталитического датчика представляет собой данное преимущество и показала очень хорошие практические результаты в лабораторных испытаниях.

Заключение. Таким образом, разработанная система контроля опасных газов имеет в своем составе полный набор устройств и приборов, удовлетворяющих необходимым требованиям. Важно отметить, что разработанная система учитывает специфический климат Центральной Азии и условия эксплуатации для обеспечения надежной, качественной и автономной работы на объектах газовой отрасли. Возможность использования в предлагаемой системе других типов датчиков, например, датчиков физических величин, придает универсальность разработанной системе. Предлагаемая модель радиомониторинга определения опасных газов имеет широкий спектр своего применения в нефтегазовой, химической и других отраслях народного хозяйства, отличаясь от существующих низкой стоимостью, простотой обслуживания и высокими надежностными показателями.

Литература

- [1] Демина Т.А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды. – М.: Аспект Пресс, 1998г.
- [2] Экология, охрана природы и экологическая безопасность. Учебное пособие для системы повышения квалификации и переподготовки государственных служащих. Под общей редакцией проф. В.И. Данилова-Данильяна. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1997.

Реконструкция корпуса прибора позволила улучшить теплоотдачу, расширить рабочий температурный диапазон, увеличить вибростойкость и устойчивость к пылевым взвесям в воздухе (рис. 3). Для этого изменены держатели термоплатинового элемента, сделан оригинальный корпус датчика, где забор газовой смеси осуществляется не непосредственно на термоплатиновый элемент, а после осаждения пылевой взвеси.

[3] Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. В.Ф. Протасова. - М.: Финансы и статистика, 1995.

[4] Писецкий Ю.В. Дистанционный автоматический радиомониторинг. Доклад на Республиканской научно-технической конференции: Перспективы эффективного развития информационных технологий и телекоммуникационных систем. ЧАСТЬ 3. 13-14 марта 2014г., Ташкент, с. 292-295.

[5] Раджабов Т.Д., Пичко С.В., Князев В.В., Сахибов Ш.Д. Радиомониторинг газосодержания // Труды XVI научн.-техн. конф. «Вакуумная наука и техника».- Сочи, 2007.-С.

[6] Приборы охраны окружающей среды. Номенклатурный справочник. М.: ЦНИИТЭИ Приборостроения, 1987. 57с.

[7] Писецкий Ю.В., Талипов А.Р. Анализ качественных показателей устройства дистанционного автоматического радиомониторинга промышленных предприятий. Республиканская научно-техническая конференция “Ключевые проблемы техники и технологий, их энергосберегающие и инновационные решения”. 20-22 апреля 2016 года, Узбекистан, Фергана, часть 2, с. 275-276.

Раджабов Тельман Дадаевич

Академик АНРУз, д.ф.-м.н., профессор кафедры технологии мобильной связи (ТМС) Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада аль-Хорезми (ТУИТ)

Тел.: +998 71 2386573

Эл. почта: telman.radjabov35@mail.ru

Арипов Хайрулла Кабилевич

Д.ф.-м.н., профессор кафедры электроника и радиотехника Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада аль-Хорезми (ТУИТ)

Тел.: +998 71 2386568

Эл. почта: khayrulla-aripov@yandex.ru

Назаров Абдулазиз Мунинович

Д.т.н., заведующий кафедры радиотехнические устройства и системы Ташкентского Государственного технического университета имени Ислама Каримова (ГТТУ)

Тел.: +998 71 2386573

Эл. почта: nazarov_58@rambler.ru

Писецкий Юрий Валерьевич

К.т.н., доцент кафедры технологии мобильной связи (ТМС) Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада аль-Хорезми (ТУИТ)

Тел.: +998 (90) 350-27-74

Эл. почта: yuriy.pisetskiy@mail.ru

Пулатова Зулхумор Хислатовна

Магистрант кафедры технологии мобильной связи (ТМС) Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада аль-Хорезми (ТУИТ)

Тел.: +998 71 2386573

Эл. почта: zpulatova1993@mail.ru

Radjabov T.D., Aripov Kh.K., Nazarov A.M., Pisetskiy Yu.V., Pulatova Z.Kh.

REMOTE AUTOMATIC

RADIOMONITORING SYSTEM OF DANGEROUS GASES

The article suggests a new approach to the development of a system for monitoring hazardous industrial gases. The system is based on the use of its own radio channel. The structure of the universal sensor module with improved characteristics is presented. A modernized thermocatalytic sensor was used. A procedure for increasing the selectivity of a thermocatalytic sensor is given. The developed system takes into account the peculiarities of the specific climate of Central Asia and the operating conditions. The use of the radio monitoring system ensures reliable and safe operation of gas industry facilities.

Keywords: ecosystem, monitoring methods, monitoring, radio monitoring systems, radio channel, sensors, hazardous gases, selectivity.

УДК 62-55:681.515

И.Х.Сиддиков, Ш.С.Каримов, Д.Р.Хушназарова

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННЫХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

В статье приведены результаты исследования децентрализованной системы управления динамическими объектами. Предложен алгоритм оптимального управления децентрализованными объектами, основанный на свойствах блочно-диагональной доминантности матриц. Разработанный алгоритм позволяет обеспечить робастность системы управления к различным изменениям внутренних свойств распределенного объекта и внешних воздействий. Для ПОВЫШЕНИЯ точности вычисления значений управляющих воздействий предложен алгоритм прогнозирования вектора ошибки, определяемой на основе передаточной функции объекта управления.

Ключевые слова: Децентрализованное управление, робастность, информационная неопределенность, расплывчатость, взаимосвязанность подсистем, алгоритм, модель, блочно-диагональная доминантность матриц.

Введение. Повышение эффективности управления производством является актуальной проблемой в условиях возрастающей сложности технологического оборудования, процессов и систем. Для проектирования систем управления сложными, структурно-распределенными динамическими объектами, важную роль играет решение задач построения адекватных математических моделей и синтеза алгоритмов управления, обеспечивающих решение поставленных задач в условиях информационной неопределенности.

Особенностью структуры современных систем управления в частности нефтеперерабатывающих, химических предприятий является то, что они состоят из числа взаимодействующих подсистем и имеют распределенный характер. Это обстоятельство обуславливает для эффективного управления применения концепции децентрализованного управления [1, 2].

Концепция децентрализации управления требует их автоматизации для использования

современных информационных технологий, базирующихся на мульти микропроцессорных системах.

В этом случае для каждого микроконтроллера определяются свои законы управления, используя априорные информации о неопределенности всей взаимосвязанной системы.

Основная часть. Пусть имеется частично-неопределенная динамическая система, состоящая из совокупности M взаимодействующих подсистем, модель каждой из которых описывается уравнениями в состояниях:

$$x_i(t) = A_i x_i(t) + \Delta A_i x_i(t) + (B_i + \Delta B_i) u_i(t) + \sum_{j=1, j \neq i}^M \Delta A_{ij} x_j(t)$$

$$x_i(t_0) = x_{0i}, \quad \forall i = 1, \dots, M.$$

Здесь $x_i \in R^{n_i}$ и $u_i \in R^{m_i}$ – векторы состояний и управлений i -той подсистемы, $x \in R^n$, $u \in R^m$ – составные векторы состояний и управлений всей системы, $\sum_{i=1}^m n_i = n$, $\sum_{i=1}^m m_i = m$, $A_i \in R^{n_i \times n_i}$, $B_i \in R^{n_i \times m_i}$