

ма». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 года № 2446-р. / Российское Энергетическое Агентство. Министерство энергетики Российской Федерации, – М., 2012. – 113 с.

4. Данилова Д.В., Бакаева Н.В., Шишкина И.В. Биосферосовместимые технологии при строительстве городских инженерных сооружений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015. – № 2(10). – С. 88–100.

5. Система экологического отопления производственного помещения с вихревым теплообменным аппаратом / Н.С. Кобелев, В.Н. Кобелев, В.Г. Семеринов [и др.] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013. – № 2. – С. 60–65.

6. Ильичев В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №6. – С. 3–12.

7. Инновационные решения по повышению эффективности систем газоснабжения и климатотехники: монография / Н.С. Кобелев, Г.Г. Щедрина, А.В. Моржавин [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2013. – 187 с.

8. Кобелев Н.С. Нетрадиционное получение электрической энергии для мобильных устройств производства сельскохозяйственной продукции // Электрика. – 2015. – № 12. – С. 33-36.

9. Пат. 98859 Российская Федерация.. Биогазовая установка для переработки навоза / Кобелев Н.С., Емельянов С.Г., Гнездилова О.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос. ун-т. Заявл. 27.05.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. №31.

10. Пат. 95454 Российская Федерация. Биогазовая установка для переработки навоза / Кобелев Н.С., Щедрина Г.Г., Щедрин П.Ю. [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. Заявл. 22.03.2010; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19.

*Получено 10.05.16*

**N. S. Kobelev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kobelevns@mail.ru)

**G. G. Schedrina**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: galinka\_2005@mail.ru)

#### **DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT DEVICES FOR BIO-FUEL ENGINEERING NEEDS**

*One of the most energy-efficient aspects of bio-power is biogas generation which is used to get extra revenue from fertilizer sales and safe disposal of organic wastes.*

*Using gas as a bio fuel obtained by means of manure processing at agricultural enterprises allows reduction of natural gas consumption as a energy carrier in heating systems of pig farms, beef units, poultry farms and neighbouring settlements.*

*The distinction of the proposed technical solution is in the fact that increase of thermo-technical parameters of the process of digestion and reduction of unit energy consumption is achieved by means of mesh thermal vibration and consequently, of the reinforced bottom which eliminates adhesion of manure clump, preventing better heat transfer from the heating unit to generated biomass. This eventually improves energy-efficiency of manure processing biogas unit as the process of efficient heat transfer during manure digestion is provided and biomass is fully discharge and there is no need for additional cleaning of the bottom from the stuck manure.*

*To provide production of infection-free supplementary feeds it is necessary to maintain stable operation conditions for the reactor, eliminating substrate adhesion in the transferring windows, which, as the practice has shown, worsens operating conditions and reduces biogas unit capacity.*

*The authors have developed a structure avoiding disadvantages of the known currently operating technical solutions.*

*Energy-efficient design solutions for biogas units using thermo-vibration effect for agricultural organic wastes processing have been proposed.*

**Key words:** organic wastes, biogas unit, bimetal, efficiency, ecosystem, thermal vibration.

## References

1. Osadchij G.B. Geliometantenk-reaktor biogazovoj ustanovki // Promyshlennaja jenergetika. – 2006. – №12. – S. 42 – 43.

2. Ob jenergoberezhenii i povyshenii jenergeticheskoy jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii» (ot 23 nojabrja 2009 g., № 261-FZ). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPljus».

3. Jenergoberezhenie i povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti na period do 2020 goda: Gosudarstvennaja programma». Utverzhdena Rasporjazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 dekabrja 2010 goda № 2446-r. / Rossijskoe Jenergeticheskoe Agentstvo. Ministerstvo jenergetiki Rossijskoj Federacii, – M., 2012. – 113 s.

4. Danilova D.V., Bakaeva N.V., Shishkina I.V. Biosferosovmestimye tehnologii pri stroitel'stve gorodskih inzhenernyh sooruzhenij // Biosfernaja sovmestimost': chelovek, region, tehnologii. – 2015. – № 2(10). – S. 88–100.

5. Sistema jekologicheskogo otoplenija proizvodstvennogo pomeshhenija s vihrevym teploobmennym apparatom / N.S. Kobelev, V.N. Kobelev, V.G. Semerinov [i dr.] // Bi-

osfernaja sovmestimost': chelovek, region, tehnologii. – 2013. – № 2. – S. 60–65.

6. Il'ichev V.A. Principy preobrazovanija goroda v biosferosovmestimyj i razvivajushhij cheloveka // Promyshlennoe i grazhdanskoje stroitel'stvo. – 2010. – №6. – S. 3–12.

7. Innovacionnye reshenija po povysheniju jeffektivnosti sistem gazosnabzhenija i klimatotehniki: monografija / N.S. Kobelev, G.G. Shhedrina, A.V. Morzhavin [i dr.]; Jugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2013. – 187 s.

8. Kobelev N.S. Netradicionnoe poluchenie jelektricheskoy jenergii dlja mobil'nyh ustrojstv proizvodstva sel'skohozjajstvennoj produkcii // Jelektrika. – 2015. – № 12. – S. 33-36.

9. Pat. 98859 Rossijskaja Federacija. Biogazovaja ustanovka dlja pererabotki navoza / Kobelev N.S., Emel'janov S.G., Gnezdilova O.A. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Jugo-Zap. gos. un-t. Zajavl. 27.05.2010; opubl. 10.11.2010, Bjul. №31.

10. Pat. 95454 Rossijskaja Federacija. Biogazovaja ustanovka dlja pererabotki navoza / Kobelev N.S., Shhedrina G.G., Shhedrin P.Ju. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Kursk. gos. tehn. un-t. Zajavl. 22.03.2010; opubl. 10.07.2010, Bjul. № 19.

УДК 004.89

**С.Н. Фролов**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: snfrolov@bk.ru)

**А.Ю. Алтухов**, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: alt997@yandex.ru)

**Е.О. Фролова**, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: feo1990@bk.ru)

#### **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ**

*В работе рассматриваются вопросы анализа и оценки рисков возникновения нештатных ситуаций на территориально распределенных и технически сложных транспортных объектах.*

Выявлено, что общепринятые методы и модели анализа, основанные на аналитической обработке текущих данных по оценке нештатных ситуаций, вероятностная оценка рисков возникновения нештатных ситуаций, оказываются малоэффективными в силу стандартного учета системных изменений в предыдущие отсчеты времени. Основным недостатком общепринятых подходов к оценке риска возникновения нештатных ситуаций и соответствующих программных и технических средств является то, что подавляющее их большинство рассчитано на реакцию по уже сформировавшейся ситуации. Вопросы раннего прогнозирования возникновения нештатных ситуаций и выработки упреждающих мер частично реализуются существующими аппаратно-программными комплексами мониторинга нештатных ситуаций.

Обоснованы исследования по разработке многоагентной системы анализа и оценки рисков возникновения нештатных ситуаций.

Разработан блочный алгоритм функционирования системы, с учетом опыта построения периферийных подсистем информационного мониторинга и в соответствии с блочным алгоритмом, разработана структурно-функциональная схема многоагентной системы анализа и управления риском возникновения нештатных ситуаций.

Новизна данной структурно-функциональной схемы определяется модульностью исполнения отдельных агентов, приводящей к сменности конкретной реализации агентов А2 формирования нештатных ситуаций на основе структурно-лингвистического, статистического, нейронного и других подходов. При этом состав и номенклатура агентов А1 и А3 являются выдержанными в рамках заданных информационных и управляющих связей и типовых элементов сбора и окончательной обработки для лица, принимающего решения, информации о нештатных ситуациях.

**Ключевые слова:** нештатные ситуации, транспортные объекты, многоагентные системы, риск, структурно-функциональная схема, сложный технический транспортный объект.

\*\*\*

Потенциальная возможность возникновения аварий на территориально распределенных и технически сложных транспортных объектах (ТСТО) требует новых подходов к анализу нештатных ситуаций, поиска путей и приемов упреждающего распознавания рисков, прежде всего, возможных неисправностей электрических сетей или (и) нарушений их условий эксплуатации. В связи с возможными катастрофами, авариями и технологическими нарушениями уровень безопасности ТСТО определяется величиной риска возникновения нештатной ситуации (НС), изменяемой под влиянием внешней среды. Контроль безопасных условий неразрывно связан с решением задач анализа и оценки рисков возникновения НС на ТСТО [1].

В последнее время автоматизированные системы сбора, мониторинга данных и оценки рисков НС на ТСТО характеризуются учетом множества различных показателей оценки НС, имеющих во времени скрытые закономерности или про-

тиворечивые тенденции изменения, что достаточно неблагоприятно сказывается на состоянии ТСТО [2].

Общепринятые методы и модели анализа, основанные на аналитической обработке текущих данных по оценке НС, вероятностная оценка рисков возникновения НС, оказываются малоэффективными в силу стандартного учета системных изменений в предыдущие отсчеты времени. Основным недостатком общепринятых подходов к оценке риска возникновения НС и соответствующих программных и технических средств является то, что подавляющее их большинство рассчитано на реакцию по уже сформировавшейся ситуации. Вопросы раннего прогнозирования возникновения НС и выработки упреждающих мер частично реализуются существующими аппаратно-программными комплексами мониторинга НС.

В связи с этим исследования по разработке многоагентной системы анализа и оценки рисков возникновения нештат-

ных ситуаций с учетом выявления скрытых закономерностей является актуальной задачей, решение которой позволит обоснованно уменьшить риск возникновения НС.

Функционально действующий образец системы мониторинга НС позволяет:

- измерять и архивировать данные о текущем изменении характеристик действующей электрической сети;
- прогнозировать развитие НС;
- осуществлять раннее предупреждение;
- осуществлять сигнальные функции для оператора;
- управлять состоянием сети в случае, если за нормативное время не наступает реакция технической службы по принятию решения об управлении состоянием сети.

Структурно действующий образец системы мониторинга НС содержит:

1) центральную часть (ядро, диспетчерская подсистема), состоящую из:

- сервера или ноутбука в случае мобильной версии системы противопожарного мониторинга электрических сетей;
- периферии (дисплей, принтер, клавиатура, источник бесперебойного питания, средства приема-передачи данных(модем));

2) периферическая часть:

- перепрограммируемые контроллеры;
- модем;
- датчики (тока, напряжения, температуры проводов, искрения и т.д.);
- периферия контроллера (АЦП, ЦАП, устройство ввода-вывода);
- устройство питания.

Основной перечень сигналов, поступающих на сигнальные входы периферийных модулей в соответствии с определенным подмножеством основных

функций системы, подвергается преобразованию, в основном, в цифровую форму с помощью процедур АЦП. После накопления выборки необходимого (и допустимого по времени) объема по каждому из информационных параметров сигнала, производится их обработка с целью устранения артефактов и пропусков измерений с последующим сжатием и оценением текущих значений параметров с целью формирования признаков рабочего словаря  $x_p$  при учете использования в качестве его компонентов только информативные признаки как результат эффективных, несмещенных и состоятельных оценок.

Блочный алгоритм [6] функционирования автономного модуля может быть представлен, как показано на рисунке 1.

С учетом опыта построения периферийных подсистем информационного мониторинга и в соответствии с блочным алгоритмом, приведенным на рисунке 1, разработана структурно-функциональная схема (СФС) системы может быть представлена, как показано на рисунке 2, где ББРД – блок бинаризации разностных данных; БПКО – блок поиска комбинированного образца [3].

В соответствии с концептуально изложенными принципами построения блочного алгоритма (рис. 1) и структурно-функциональной схемы (рис. 2), отображающими функционально-структурную организацию элементов системы информационного мониторинга, должна быть обеспечена двусторонняя связь со стационарными программно-аппаратными средствами диспетчерского пункта (ДП). В результате анализа многочисленных вариантов построения систем информационного мониторинга с двусторонней связью предпочтительными с

точки зрения надежности, помехоустойчивости, стоимости и энергопотребления являются каналы GPRS, оптоволоконные средства связи и средства цифрового радиоканала ближнего действия (Wi-Fi и т.п.). При этом прямой канал служит для передачи данных от периферийной информационной измерительной системы (ИИЗС) на удаленный информационный

центр (ДП), а обратный – для управления из этого центра режимами функционирования периферийных подсистем и их реконфигурацией (в аппаратном и программном аспектах) при адаптации и эволюции системы мониторинга в условиях неопределенности относительно характеристик внешней среды (контролируемых сетей образовательного учреждения) [7].

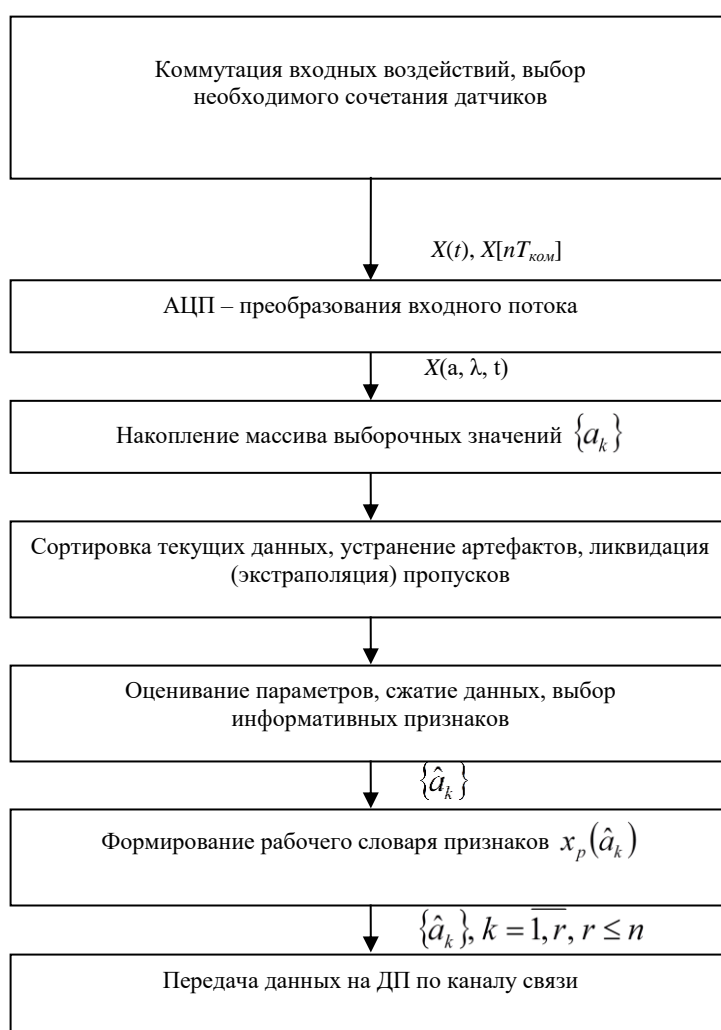


Рис. 1. Блочный алгоритм функционирования системы

Периферийные ИИЗС, как и аппаратный центр ДП, предполагают работу в четырех основных режимах:

а) по отдельной команде-запросу, инициирующей программу контроля состояния сложного технического транс-

портного объекта (СТО) и обслуживающих его датчиков, а также – состояния самого автономного периферийного модуля;

б) в дежурном режиме – при циклическом опросе датчиков, обслуживающих СТО и сложные технические системы (СТС);

в) в приоритетном режиме, когда текущая информация о состоянии СТО передается по априори установленному приоритетному графику;

г) в режиме наивысшего приоритета – прием-передача предаварийных и ава-

рийных сообщений с указанием основных характеристик нештатной ситуации, формирование донесений для поддержки принятия решений и формирования самих решений.

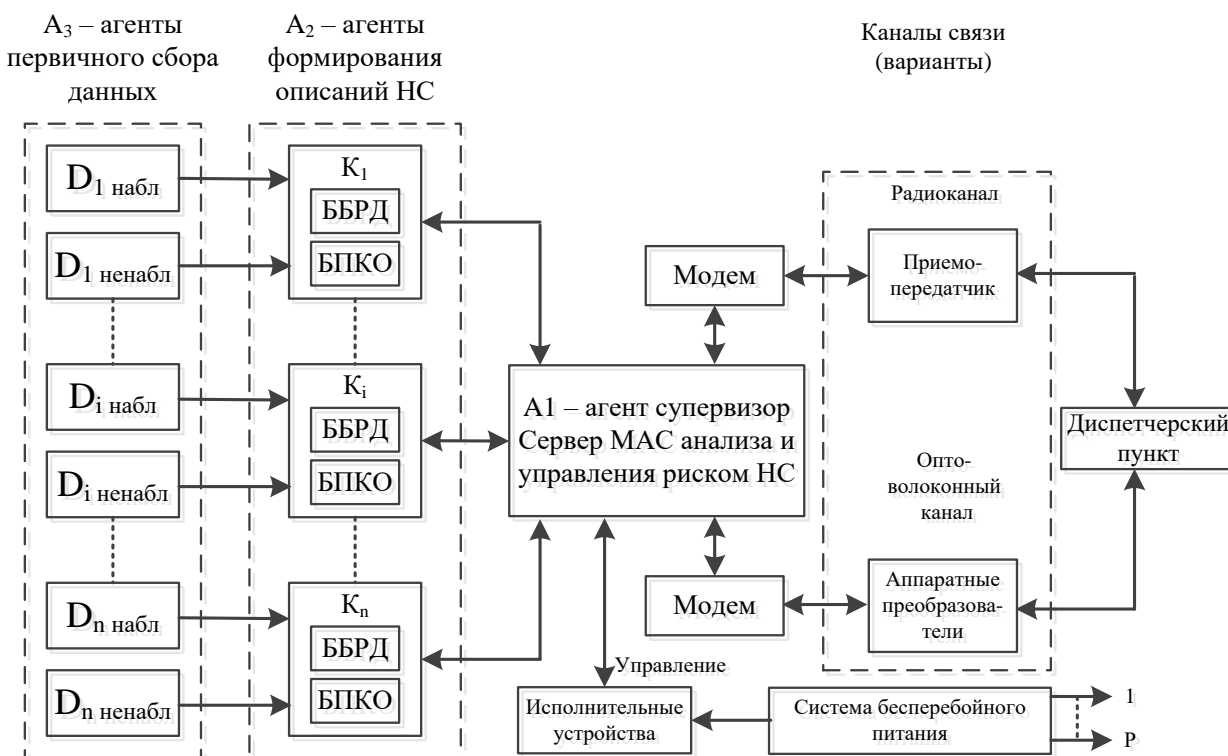


Рис. 2. Структурно-функциональная схема МАС анализа и управления риском НС

Кроме базовых режимов программно-алгоритмические средства ДП предполагают формирование служебных режимов, таких как:

а) выполнение команд исполнительными устройствами;

б) команд о реконфигурации связей и СПО периферийных ИИЗС;

в) команд об эталонировании нового вида нештатной ситуации;

д) режима ручных и автоматических служебных тестов, проверка исправности оборудования, оповещение о выявленной неисправности;

е) прием команд подсистемы контроля доступа в нормальном состоянии и по наивысшему приоритету – при не-

санкционированном доступе (например, повреждении или демонтаже электрических сетей и оборудования СТО);

ж) режима наивысшего приоритета при формировании и приеме-передаче тревожных сигналов пожароохранной подсистемы;

и) команд-донесений о снижении ресурса системы автономного электропитания (если оно предусмотрено для специальных условий работы).

При этом команды периферийной подсистемы формируются соответствующими автономными модулями и передаются по системе локальной связи с приемом «квитанций-подтверждений» по обратному каналу.

Система информационного мониторинга, содержащая типовые компоненты, обеспечивающие любую конфигурацию при монтаже и эксплуатации с возможностью последующего наращивания аппаратных средств, корректировки алгоритмического ресурса и СПО как в ручном, так и в автоматическом режиме (если таковой предусмотрен в функциональном базисе ДП) представляет собой реконфигурируемую систему открытого типа с алгоритмической и программной интеллектуализацией процессов информационного обеспечения пользователей и управляющих технических структур.

С точки зрения архитектурных построений можем различать:

- а) организационную структуру;
- б) аппаратно-программную структуру;
- в) топологическую структуру;
- д) алгоритмическую структуру;
- е) структуру обмена данными.

Если принять во внимание новые определения понятия, такие как макросостояние сложной технической транспортной системы (обобщенное состояние, обусловленное состоянием подсистем, взаимосвязанных с информационным обменом и отношениями между собой и с внешней средой), то из этого, при учете характера отношений на некотором отрезке времени между элементами вытекает также понятие структурного состояния системы и ее структурной динамики как процесса реконфигурации (переход структуры из одного макросостояния в другое) под действием:

а) процесса наращивания системы дополнительными аппаратно-программными средствами в порядке модернизации системы;

б) процесса подключения «горячего» или «холодного» резерва, предусмотренного программой или ручным режимом, инициируемым оператором;

в) процесса реконфигурации связей при смене канала обмена данными или в нештатной ситуации;

д) процесса реконфигурации структуры в территориальном аспекте при изменении пространственного перемещения объектов, контролируемых системой информационного мониторинга.

Интеллектуальный аспект рассматриваемой задачи заключается в создании на базе многоядерных ЭВМ ДП и их СПО элементов и принципов искусственного интеллекта, способного по изменению характеристик внешней среды прогнозировать развитие текущих ситуаций, корректировать алгоритмическое наполнение как периферийной подсистемы, так и аппаратно-программных средств ДП, а при необходимости – изменять структуру связей и характера отношений между подсистемами, в том числе – заимствование аппаратного ресурса.

В соответствии с характером территориальной распределенности систем мониторинга их исходная архитектура, которая впоследствии легко реконфигурируется одним из выше рассмотренных способов, показана на рисунке 3. Управление реконфигурацией в автоматическом режиме может выполняться в двух случаях:

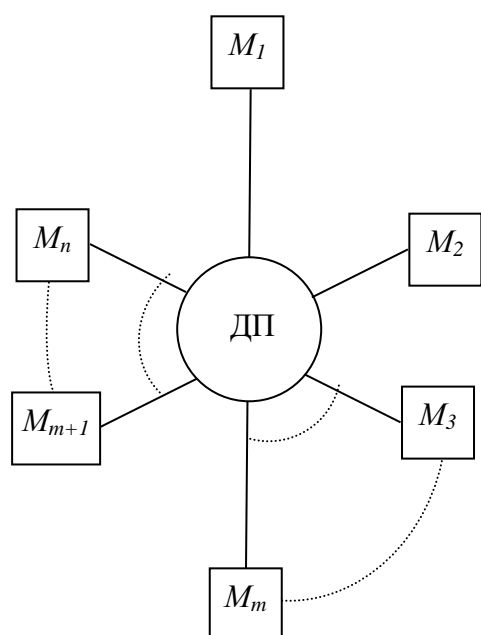
а) функциональная рабочая необходимость ситуационной или информационной ориентации;

б) текстовая проверка (для этого разрабатывается специальная текстовая программа) стандартных путей маршрутизации при реконфигурировании информационно-аппаратных полей.

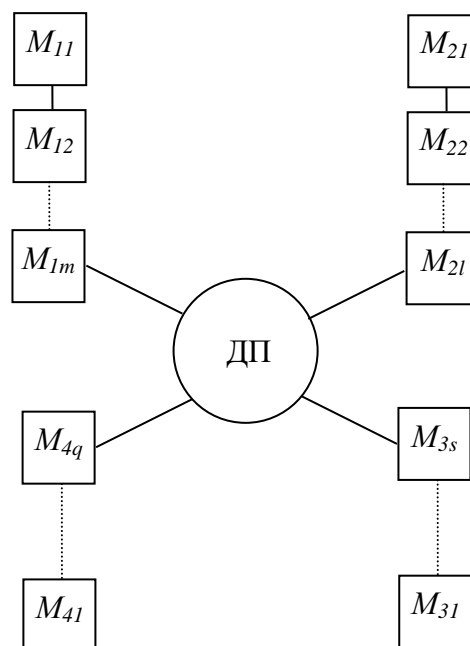
В зависимости от того, на какие компоненты системы направлено управляющее воздействие, можно рассматривать три вида управлений:

- а) параметрическое управление;
- б) координатное управление;
- в) структурное управление.

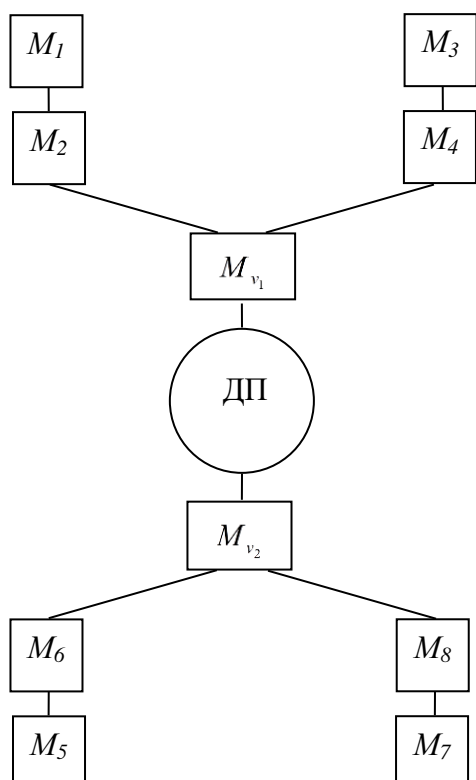
а)



б)



в)



г)

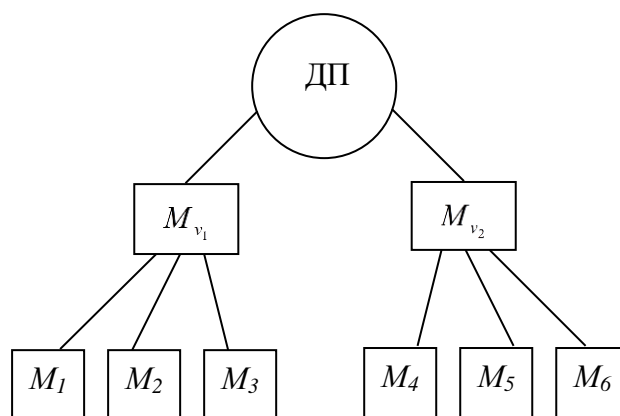


Рис. 3. Варианты исходной конфигурации систем мониторинга: а – радиальная структура системы; б – цепочечная структура системы; в – гибридная структура системы, вариант 1; г – гибридная структура системы, вариант 2



Кроме стандартных приемов ситуационного управления система мониторинга и ее компоненты в процессе функционирования могут находиться в некоторые моменты времени в различных состояниях: неисправность, отказ (неработоспособность), сбой.

Функции реконфигурации системы предполагают:

а) формирование ситуации пограничного, критического или аварийного типа;

б) решение (системной программы) о невозможности дополнительных приемов получения информации или разрешения нештатной ситуации при данной совокупности свойств функционирующей системы мониторинга;

в) необходимость в реконфигурации аппаратной и/или информационной локальной сети в связи с изменением территориального расположения контролируемых объектов, их свойств или их видов (типов).

Потребность в реконфигурации элементов системы может быть также вызвана необходимостью структурной адаптации при использовании, например, средств «холодного» или «горячего» резерва.

Задача оптимального управления реконфигурацией системы мониторинга может рассматриваться как управление структурой и параметрами нестационарной системы с ограниченным временем наблюдения (в пределах управляющего воздействия).

Исходя из этой посылки, системы мониторинга можно разделить как:

а) системы с переменными параметрами;

б) системы с нестационарными входными командами;

в) системы, совмещающие оба вышеперечисленные свойства.

Поскольку управляемые реконфигурируемые системы, как правило, удовлетворяют (подчиняются) теореме суперпозиции, их можно считать условно линейными системами, характеристики которых, в основном, определяются переходной функцией  $g(t, t_1)$  как базисной для построения алгоритма управления и представляющей собой выходной сигнал (команду-ответ) системы в момент времени  $t$  при воздействии на соответствующий элемент системы управляющего воздействия в момент времени  $t_1$ . В соответствии с теоремой суперпозиции выходной сигнал системы представляет собой сумму реакций на входные команды (пошаговые, пакетные, однократные), т.е.

$$v(t) = \int_{-\infty}^t g(t, t_1) \Delta(t) dt_1, \quad (1)$$

где  $v(t)$  – выходной сигнал (реакция) реконфигурируемой системы;

$\Delta(t)$  – функция однократного (импульсного, пошагового) управляющего воздействия.

Реальная реконфигурируемая система не может реагировать на входные команды, которые еще не поданы, например с ДП на ее вход, поэтому верхний предел интеграла (1) равен  $t$ . Однако для виртуального варианта системы, представляющей операторы направленного воздействия (например, экстраполяцию, прогнозирование развития ситуации), выражение (1) можно записать как

$$v(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t, t_1) \Delta(t_1) dt_1. \quad (2)$$

Такая система инвариантна по отношению к смещению рабочего интервала времени, т.е.

$$v(t) = \int_{-\infty}^t g(t-t_1)\Delta(t_1)dt_1 =$$

$$= \int_0^{\infty} g(\tau)\Delta(t-\tau)d\tau. \quad (3)$$

Новизна данной СФС определяется модульностью исполнения отдельных агентов, приводящей к сменности конкретной реализации агентов А2 формирования нештатных ситуаций на основе структурно-лингвистического, статистического, нейронного и других подходов. При этом состав и номенклатура агентов А1 и А3 является выдержанной в рамках заданных информационных и управляющих связей и типовых элементов сбора и окончательной обработки для ЛПР информации о НС.

#### Список литературы

1. Фролов С.Н., Егоров С.И., Сазонов С.Ю. Подход к построению интеллектуальной системы моделирования и управления состоянием пожароопасности сложных технических объектов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – Т. 11, № 8. – С. 50-54.
2. Любимов М.М., Соломанидин Г.Г. Регулирование комплексного обеспечения безопасности объектов мегаполиса // «Профессионалы», Комплексная безопасность - М., 2005. – С. 40-42.

3. Фролов С.Н. Метод, модель и алгоритмы анализа и оценки рисков возникновения пожароопасных ситуаций в электросетях на основе многоагентного подхода: автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.13.01). – Курск, 2014. – 20 с.

4. PD 7974-7:2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Part 7: Probabilistic fire risk assessment, British Standards Institution (BSI). – London, UK, 2003.

5. Тарасов В.Б. Искусственная жизнь и нечеткие эволюционные многоагентные системы – основные теоретические подходы к построению интеллектуальных организаций // Известия РАН: Теория и системы управления. – 1998. – №5.

6. Фролов С.Н., Емельянов С.Г., Титенко Е.А. Управляющий алгоритм работы интеллектуальной системы управления состоянием пожаробезопасности электрических сетей // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – №5(50). – С. 79-84.

7. Многоагентные системы в технической диагностике сложных технических объектов / Т.А. Мирталибов, С.Н. Фролов, А.Л. Ханис, Е.А. Титенко // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – №3(60). – С. 18-25.

Получено 11.05.16

**S. N. Frolov**, Candidate of Engineering Sciences, Research Officer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: snfrolov@bk.ru)

**A.Yu. Altukhov**, Candidate of Engineering Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alt997@yandex.ru)

**E.O. Frolova**, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: feo1990@bk.ru)

#### FUNCTIONAL AND STRUCTURAL DIAGRAM OF MULTI-AGENT SYSTEM OF THE ANALYSIS AND ASSESSMENT OF EMERGENCY SITUATIONS RISKS ON TRANSPORTATION FACILITIES

*The paper deals with the issues of risk analysis and assessment of emergency situations on geographically distributed and technically complex transportation facilities.*