

УДК 004.052

В.Г. Типикин, П.И. Смикун, М.Ю. Песляк, А.А. Смагин, С.В. Липатова

ОРГАНИЗАЦИЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Типикин Валентин Георгиевич, окончил Ульяновский политехнический институт по специальности ЭВМ, приборы и устройства. Заместитель генерального директора по науке – начальник комплексного научно-исследовательского отделения ФНПЦ АО «НПО «Марс». Имеет ряд статей в области информационных технологий и интеграции АСУ. [e-mail: mars@mv.ru].

Смикун Петр Иванович, кандидат технических наук, окончил факультет автоматики и вычислительной техники Таганрогского радиотехнического института. Главный конструктор, начальник научно-исследовательского отделения ФНПЦ АО «НПО «Марс». Имеет ряд статей в области разработки программного обеспечения для АСУ. [e-mail: smikun@mail.ru, mars@mv.ru].

Песляк Михаил Юрьевич, окончил Высшее военно-морское училище радиоэлектроники им. А.С. Попова, факультет АСУ силами ВМФ. Заместитель начальника научно-исследовательского отделения, заместитель главного конструктора ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Имеет ряд статей в области разработки АСУ. [e-mail: mars@mv.ru].

Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Заведующий кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей Ульяновского государственного университета. Имеет статьи, изобретения, монографии в области разработки информационных систем различного назначения. [e-mail: smaginaa1@mail.ru].

Липатова Светлана Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, окончила факультет информационных телекоммуникационных технологий и сетей Ульяновского государственного университета. Преподаватель кафедры телекоммуникационных технологий и сетей Ульяновского государственного университета. Имеет статьи, изобретения, монографии в области разработки информационных систем различного назначения. [e-mail: dassiegel@mail.ru].

Аннотация

В данной статье рассматривается подход к построению сетевидческой системы контроля и управления состоянием изделий, выпускаемых предприятием (разработчиком-изготовителем), которые эксплуатируются на удаленных от него местах. Предлагается организация взаимодействия пары «центр-потребитель продукции», которая служит основой построения сетевидческой структуры. На примере удаленного контроля за отказами и возникающими неисправностями в эксплуатируемых изделиях показана возможность проведения качественного управления событиями на местах, что приводит в итоге к повышению эффективности функционирования изделий и дает разработчикам возможность ускорения совершенствования продукции благодаря быстрой обратной связи. Вниманию читателя предлагаются структура, архитектура, общий алгоритм функционирования и описание общей математической модели системы сопровождения и оценки надежности функционирования программного изделия. Предлагаемые в статье решения реализованы в виде программного комплекса, который использовался для проведения вычислительного эксперимента и подтверждения практической применимости рассматриваемого подхода.

Ключевые слова: сетевидческая архитектура, сопровождение программных продуктов, сетевое управление, изделие, надежность, отказ, корреляция, прогноз.

SOFTWARE MAINTENANCE AND OPERATIONAL RELIABILITY EVALUATION ON THE BASIS OF NETWORK-CENTRIC ARCHITECTURE

Valentin Georgievich Tipikin, graduated from Ulyanovsk Polytechnic Institute in a specialty of computers, devices, and facilities; Deputy Director General for Science at FRPC JSC 'RPA 'Mars' and Chief of Complex R&D Department; an author of articles in the field of information technologies and integration of automated control systems. e-mail: mars@mv.ru.

Petr Ivanovich Smikun, Candidate of Engineering; graduated from the Faculty of Automation and Computer Science of Taganrog Radiotechnical Institute; Chief of the Research Department at FRPC JSC 'RPA 'Mars'; an author of articles in the field of automated control systems software development. e-mail: smikun@mail.ru, mars@mv.ru.

Mikhail Iurevich Pesliak, graduated from the Faculty of C2 Systems of Popov Higher Naval Radio Engineering School; Deputy Chief of the Research Department and Deputy Designer at FRPC JSC 'RPA 'Mars'; an author of articles in the field of automated control systems development. e-mail: mars@mv.ru.

Aleksei Arkadievich Smagin, Doctor of Engineering, Head of the Department of Telecommunications Technologies and Networks at Ulyanovsk State University; graduated from the Faculty of Radioengineering of Ulyanovsk Polytechnic Institute; an author of more than 200 articles, inventions, and monographs in the field of different purpose information system development. e-mail: alsmagin@ulsu.ru.

Svetlana Valerevna Lipatova, Candidate of Engineering, Associate Professor; graduated from the Faculty of Information Technologies and Telecommunications of Ulyanovsk State University; Lecturer at the Department of Telecommunication Technologies and Networks of Ulyanovsk State University; an author of articles, inventions, and a monograph in the field of multipurpose information system development. e-mail: dassegel@mail.ru.

Abstract

The article deals with the approach to the creation of network-centric control system of condition of products produced by the original equipment manufacturer and operated on the distant sites. The organization of interaction between the center (manufacturer) and the consumer that serves as the basis for the creation of network-centric structure is proposed. The ability of high-quality control of events on sites is shown by giving an example of remote control of failures and operating products troubles. This leads to the increasing of the product operation efficiency and gives an opportunity for developers to upgrade products faster due to the fast feedback. The structure, the architecture, the general algorithm of functioning, and the description of general mathematical model of software product maintenance and functioning reliability evaluation system are considered. The proposed solutions are implemented as a software package that was used for computing experiment and the confirmation of the discussed approach practical application.

Keywords: network-centric architecture, maintenance of software, network control, product, reliability, failure, correlation, forecast.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развиваются корпоративные предприятия и их объединения, особенностью которых является распределенность на большой территории составных частей: заводов, фирм, малых предприятий, которые объединяются некоторой общей информационной средой.

Для построения системы сопровождения и оценки надежности функционирования созданной продукции в первую очередь интересны предприятия, которые являются монополистами выпускаемой продукции и у которых существует некоторое множество постоянных потребителей, которых обслуживают (сопровождают) сами предприятия-разработчики.

Именно они становятся «центром» в такой сетевидной системе. Прототипом ее организации является топология сети типа «звезда», в ней возможно одновременное взаимодействие между центром и множеством потребителей.

Продукцией предприятий могут служить программно-технические изделия различной сложности и назначения, построенные на различной элементной базе. В дальнейшем будем их называть просто изделием.

Для задачи сопровождения и оценки надежности изделий можно сформулировать следующие принципы работы сетевидной системы:

Со стороны производителя-разработчика:

- Принцип «родитель – ребенок», при котором центр сохраняет свои функции контроля, управления состоянием изделий на местах, совершенствования и улучшения их возможностей обучения, адаптации к меняющимся требованиям окружающей обстановки и увеличения времени их функционирования. Накапливаемый «родительский опыт» служит базой для создания новых более качественных систем с точки зрения современных требований и большей востребованности (верхний уровень).

- Принцип обратной связи, при котором реализуется цепочка «учитель-ученик», где центр может выступать в роли эксперта по всем вопросам эксплуатации и прогноза, а сам «ученик» набирается необходимого опыта и впоследствии становится наставником неопытных или начинающих. В этом случае центр сети обязан периодически проводить вебинары для всех эксплуатационников с регистрацией участников, оценкой результатов и накоплением о них данных с целью определения качества обслуживающего состава на местах нахождения изделий. Эти процедуры обязательны, т.к. во многих случаях потребители продукции просто не имеют профессионально подготовленных специалистов, также у них отсутствуют организационные возможности. Завершением обучения является выдача электронного заключения о возможности привлечения сотрудника к выполнению сопровождения, например, новых изделий.

- Принцип «кормчий», при котором соблюдаются правила подсказки прогнозирования ближайшего будущего, взятого из подсистемы слежения за состоянием конкретного изделия. Этот материал формируется только для тех систем, для которых накоплена отрицательная информация по отказам, достигшая некоторого установленного изготовителем уровня. Такое отслеживание ценно тем, что не требуется контроль за всеми объектами, подключенными к центру сети. В противном случае при их большом числе центр должен иметь очень мощные информационные ресурсы. К тому же повсеместный контроль требует больших временных затрат.

- Принцип «лучше один раз увидеть, чем много раз услышать», смысл которого состоит в объективном анализе ситуаций в центре, когда состояние объекта можно увидеть непосредственно, например, по скайпу. Другими словами, вербальное описание часто затруднительно. Например, имеется некоторая новизна неисправности, которая ранее не встречалась. Визуальный анализ позволяет более точно уяснить причину и способы устранения неисправностей, занести в базу прецедентов еще один вариант образного восприятия отказа, что способствует более точной дальнейшей идентификации ситуаций.

- Принцип одновременного оповещения – рассылка по всем объектам актуальных новостей, таких как появление обновлений программных средств, новых видов контроля, сопровождения, формирования и хранения результатов анализа состояний объектов, изменений регламентов и др.

Со стороны потребителя изделия:

- Оперативное получение необходимого обновления программных средств изделия, новых методических руководств для обслуживания изделий, документов.

- Оперативные веб-консультации с центром, вызов конкретного специалиста на объект.

- Проведение видеоконференций по собственной инициативе с другими эксплуатационниками, имеющими аналогичные объекты, по вопросам, имеющим общий характер.

- Индивидуальные запросы на документацию и др.

С точки зрения реализации сетецентрической системы управления следует отметить два обстоятельства, которые играют важнейшую роль. Это наличие защищенных скоростных информационных каналов, связывающих центр с объектами, и средств двустороннего обмена информацией на концах канала.

Защищенность имеет важное значение с точки зрения сохранения важной коммерческой информации, ее целостности, а также ее актуальности. Перехват такой информации конкурентами, особенно частый, приводит к потере ноу-хау и затем к ликвидации производства изделий из-за того, что могут быть раскрыты его технологии.

Скорость передачи также играет важную роль в системе управления. Она может повлиять на время быстрого восстановления изделия, что может сказаться в экстремальных ситуациях на возможности его выживания (восстановления).

Организация систем приема, хранения и обработки информации в центре и на местах удаленных объектов

определяет, по сути дела, решение задачи централизованного управления в сетецентрических системах и качество получаемых результатов.

АРХИТЕКТУРА, СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ИЗДЕЛИЯ

Для реализации сетецентрической системы предлагается использовать разные информационные технологии и архитектуры: единое пространство данных для систем [1], мультиагентные системы [2], интеграция приложений, сервис-ориентированная архитектура, облака, архитектура «рой», архитектура «по запросу» [8] и др.

Для решения задачи сопровождения и оценки надежности изделия, когда точно известны роли узлов сети (предприятие-разработчик, объект), представляет интерес организация взаимодействия пары «центр-объект» (рис.1). В системе, где не предполагается изменение ролей, центром всегда будет предприятие-разработчик, в то время как на объекте будет располагаться изделие.

Рассмотрение пары соучастников процесса взаимодействия позволит представить всю архитектуру системы, т. к. взаимодействие центра с остальными объектами будет производиться аналогично. Рассмотрим структуру такой пары (рис. 2).

Для хранения данных о множестве изделий может использоваться реляционная база данных, а сами данные поступать на предприятие-разработчик в виде разнородной информации. При наличии оперативной базы данных на объекте, в которой находится вся необходимая информация, данные могут передаваться и структурироваться с помощью технологии ETL.

Основными источниками статистических данных являются: отчеты, системы мониторинга, log-файлы программных средств, графики работы, выполнения профилактических работ и т. д.

Модель базы данных на предприятии-разработчике, обеспечивающая хранение данных о функционировании изделий на объектах, должна учитывать первичные и вторичные данные (с автоматизированных источников и из отчетов соответственно), а также содержать агрегированные данные (рассчитанные средние, суммарные и количественные значения и т.д.).

Наиболее простым способом организации системы являются архитектура «клиент-сервер» и реализация системы в виде web-приложения.

Через браузер операторы могут вносить данные об изделиях и их отказах. Накопление данных производится на объектах, а в конце каждого отчетного периода данные заносятся в базу (операторами или автоматизировано при наличии подготовленных загрузочных файлов). Аналитики смогут получать данные в режиме онлайн и использовать их для моделирования и прогноза.

Система ориентирована на 2 основных типа пользователей:

- оператор – конечный пользователь системы, не обладающий знаниями о методах оценки надежности и ис-

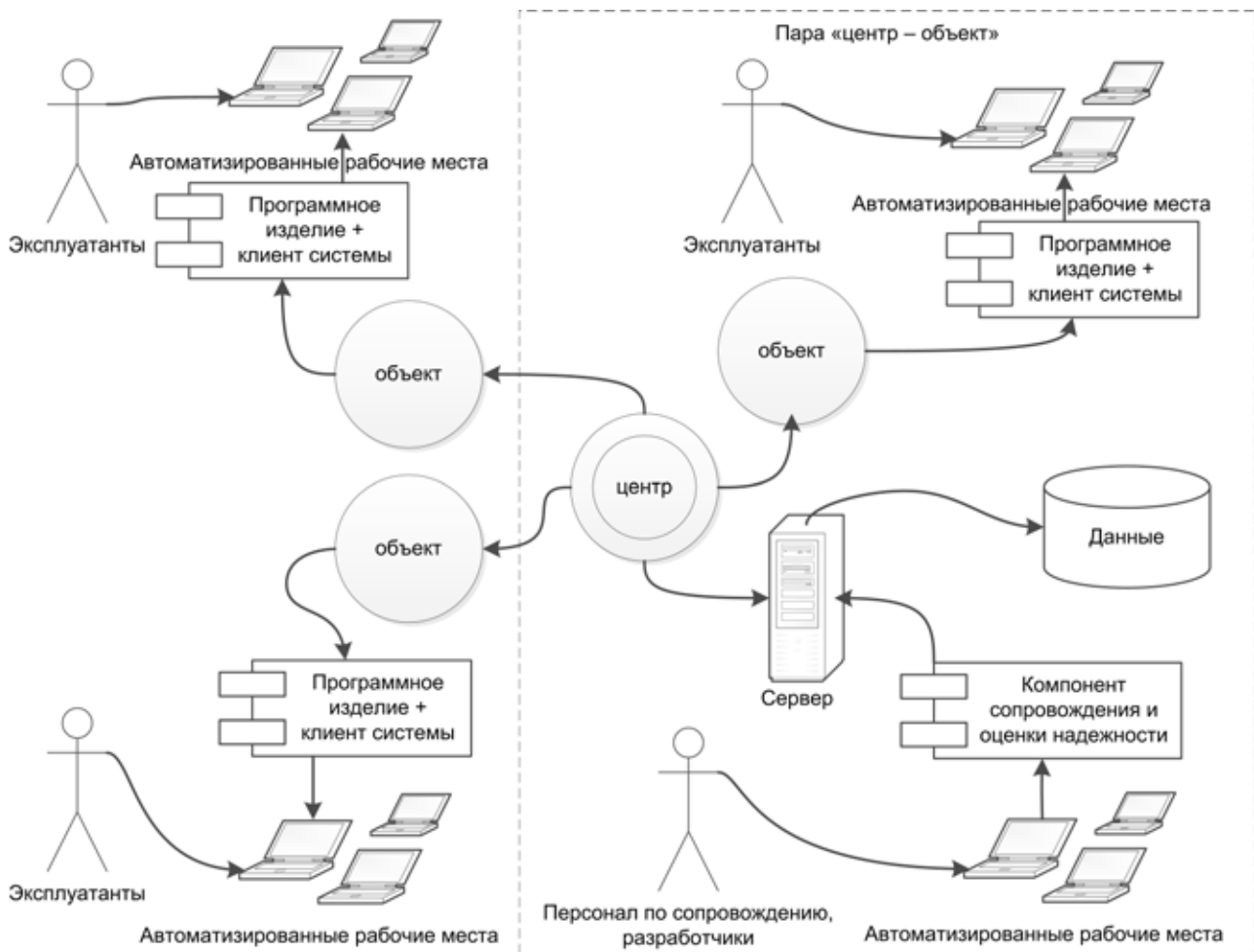


Рис. 1. Сетецентрическая организация системы сопровождения и оценки надежности функционирования продукции

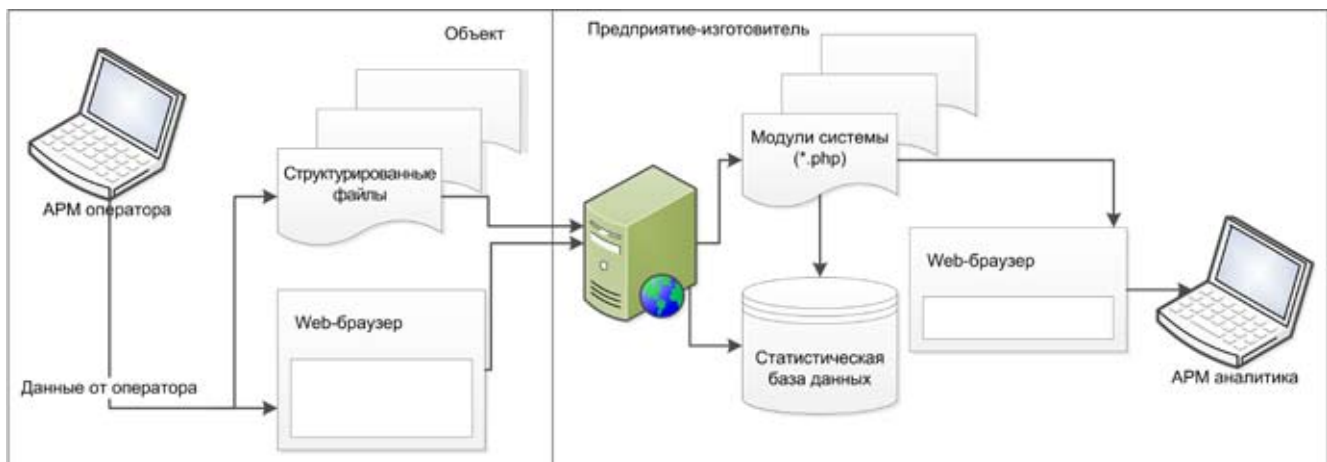


Рис. 2. Фрагмент «центр-объект» структуры сетецентрической системы

пользующий программу как «черный ящик»;
 - аналитик – пользователь, имеющий достаточную квалификацию для того, чтобы изменять параметры методов оценки надежности изделия (разработчик или персонал по сопровождению).

Оператору предоставляется следующий набор функций:
 - аутентификация, авторизация и регистрация;
 - просмотр данных о программном изделии (далее по тексту ПИ);

- моделирование поведения ПИ в процессе функционирования;
- прогнозирование выхода из строя ПИ;
- оценка надежности выбранного ПИ;
- выявление возможных причин отказов ПИ;
- формирование отчетов по результатам моделирования, прогнозирования, оценки надежности и поиска неисправностей.

Аналитику предоставляются следующие функции:

- аутентификация, авторизация и регистрация;
- ведение базы данных неисправностей ПИ на объектах и на предприятии-изготовителе;
- настройка модели оценки надежности ПИ;
- моделирование поведения ПИ в процессе функционирования;
- прогнозирование выхода из строя ПИ;
- оценка надежности выбранного ПИ;
- выявление возможных причин отказов ПИ;
- формирование отчетов по статистической обработке данных, по построенной модели, отчетов по результатам моделирования, прогнозирования, оценки надежности и поиска неисправностей.

Принципы, модели и алгоритм функционирования системы сопровождения и оценки надежности работы программного изделия

Существуют разные подходы к оценке надежности аппаратно-программных систем [1-10]. Данные методы представлены в таблице 1.

В основу функционирования системы получения оценки положена схема связанных процедур, в которые входят: контроль факторов и параметров и ведение статистической базы, установление корреляционных связей между ними, построение графа и матрицы значимости связей, моделирование и прогнозирование изменения контролируемых параметров.

Наиболее важными аспектами являются правила получения и накопления множества контролируемых параметров, которые образуют исходные данные (отказы). Именно достоверность, корректность использования этих правил позволяет гарантировать точность результатов как при выполнении численных расчетов, так и при моделировании ситуаций, при которых происходил отказ, а также правильно указывать причины возникновения от-

Таблица 1

Использование различных методов для решения общих задач анализа надежности [4]

Метод	Распределение требований/целей надежности	Качественный анализ	Количественный анализ
Прогнозирование интенсивности отказов	Применим для последовательных систем без резервирования	Возможно применение для анализа стратегии технического обслуживания	Вычисление интенсивностей отказов и МТТФ для электронных компонентов и оборудования
Анализ дерева неисправностей	Применим, если поведение системы зависит от времени или последовательности событий	Анализ комбинации неисправностей	Вычисление показателей безотказности работоспособности и относительного вклада подсистем в системы
Анализ дерева событий	Возможен	Анализ последовательности отказов	Вычисление интенсивностей отказов системы
Анализ структурной схемы надежности	Применим для систем, у которых можно выделить независимые блоки	Анализ путей работоспособности	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы
Марковский анализ	Применим	Анализ последовательности отказов	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы
Анализ сетей Петри	Применим	Анализ последовательности отказов	Подготовка описания системы для марковского анализа
Анализ режимов и последствий (критичности) отказов FME(C)A	Применим для систем, у которых преобладают единичные отказы	Анализ воздействия отказов	Вычисление интенсивностей отказов (и критичности) системы
Исследование HAZOP	Поддержка	Анализ причин и последствий отклонений	Не применим
Анализ человеческого фактора	Поддержка	Анализ эффективности воздействия человека на работу системы	Вычисление вероятностей ошибок человека

Продолжение таблицы 1

Анализ прочности и напряжений	Не применим	Применим как средство для предотвращения неисправности	Вычисление показателей безотказности для электромеханических компонентов
Таблица истинности (анализ функциональной структуры)	Не применим	Возможен	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы
Статистические методы надежности	Возможен	Анализ воздействия неисправностей	Определение количественных оценок показателей безотказности с неопределенностью

каза и в итоге делать достоверный прогноз. Такие правила известны, они раскрыты в стандартах по надежности и в рабочих рекомендациях организаций по управлению качеством выпускаемой продукции. Получаемые результаты интегрируются и хранятся в базе данных для их последующего использования.

Рассмотрим объект исследования – изделие, которое имеет иерархическую структуру (состоит из подсистем и элементов). Для оценки надежности изделия удобно описать его через набор множеств:

$$KPTS = \{R, Ts, Kp\},$$

где R – множество реализаций ПИ, Ts – множество технических средств, образующих аппаратную платформу конкретной реализации, Kp – множество программных комплексов, образующих ПИ.

Каждое из множеств характеризуется набором параметров, их описывающих:

$$R = \{M, Tb\},$$

где M – место, Tb – время установки.

$$Ts = \{Nt, Tts, Dv\},$$

где Nt – название технического средства, Tts – множество технических параметров, образующих пару $\langle Npts, Value \rangle$: $Npts$ – название параметра, $Value$ – значение, Dv – дата выпуска, начала эксплуатации.

$$\text{Множество } Kp = \{Nk, Tkp\},$$

где Nk – название программного комплекса, Tkp – множество технических параметров, образующих пару $\langle Npkp, Value \rangle$: $Npkp$ – название параметра, $Value$ – значение.

Для оценки надежности функционирования продукции необходимо установить взаимосвязь между элементами изделия. Для этого предлагается попарно вычислить значения корреляций между всеми числовыми параметрами, входящими в множественную модель изделия, которые доступны пользователю для анализа (рис. 3).

Предполагается, что данные параметры независимы и для выявления зависимости между ними можно использовать линейный коэффициент корреляции Пирсона.

	Квартальная наработка	Полная наработка	Квартальная доступность	Полная доступность	Квартальная наработка на отказ	Количество технических средств	Время технического обслуживания	Время технического восстановления
Квартальная наработка	1	0.12461	Na	Na	0.8966	1.204	0	0
Полная наработка	0.12461	1	Na	Na	0.1178	8.312	0	0
Квартальная доступность	Na	Na	1	Na	Na	Na	Na	Na
Полная доступность	Na	Na	Na	1	Na	Na	Na	Na
Квартальная наработка на отказ	0.8966	0.1178	Na	Na	1	2.030	0	0
Количество технических средств	1.204	8.312	Na	Na	2.030	1	0.644	0.674
Время технического обслуживания	0	0	Na	Na	0	0.644	1	0.9874
Время технического восстановления	0	0	Na	Na	0	0.674	0.9874	1

Рис. 3. Расчет корреляций

Результатом вычисления линейных корреляций является матрица корреляций.

Из матрицы выбираются только заметная ($0.5 < r_{xy} < 0.7$), высокая ($0.7 < r_{xy} < 0.9$) и весьма высокая ($0.9 < r_{xy} < 1$) связи, и модель представляется в графовом виде (рис. 4).

Графовая модель (рис. 4) используется для наглядного представления взаимосвязей между значимыми параметрами, а также для моделирования изменений значений параметров при оказании воздействия на один или несколько входных параметров. Среди множеств N_{pts} , N_{pkp} имеются параметры отказа (отказы программного комплекса и отказ технического средства), которые необходимо прогнозировать и использовать их в качестве выходных параметров (количество отказов, тип отказа, причина отказа).

Отказы, относящиеся к элементам изделия, можно представить в виде иерархического дерева (отказ изделия – отказ экземпляра изделия на объекте – отказ технического средства или программного комплекса – причина отказа, рекомендации по предотвращению отказа). На основе такого дерева отказов, используя статистическую информацию о функционировании изделий, можно выявить причины отказов, выработать рекомендации по их устранению и на основе экспертной информации – по их предотвращению (записанные в базе прецеденты – действия по устранению зафиксированных отказов).

В предлагаемой системе такой способ построения дерева отказов, отличный от описанного в ГОСТ [5], продиктован тем, что созданное изделие рассматривается как «черный ящик», структура которого неизвестна и не принимается во внимание (иначе для каждого изделия придется строить свою модель взаимосвязей его компонентов и привлекать экспертов по каждому из них). Предложенное дерево отказов использует только собранную по сети статистическую информацию, хотя и может быть дополнено экспертной информацией в части рекомендаций по устранению причин отказов.

На базе дерева отказов можно не только выполнять оценку вероятного времени наступления отказов, но и выдавать рекомендации по профилактике и ремонту созданного изделия.

Собранные статистические данные по параметрам надежности изделий можно представить в виде временных рядов и применять экстраполяцию для ее прогноза.

Все рассмотренные математические модели для оценки надежности созданной продукции предлагается применять согласно алгоритму, который достаточно подробно представлен на рисунке 5.

Программная реализация информационной системы сопровождения и оценки надежности функционирования программного изделия предполагает выполнение следующих требований к серверной части: операционная система Linux(ubuntu 12.04), СУБД Postgres, Symfony framework. Технические требования к клиентской части: любая операционная система (в том числе семейство MS Windows), web-браузер с поддержкой jtml, css, javascript. Используемыми в реализации системы библиотеками являются библиотеки: jquery, kendo ui, backbone, underscore, vis.js; языки программирования – php, sql, R.

Применение рассмотренного подхода к получению оценки надежности изделий, создаваемых предприятием-разработчиком, неизбежно приведет к повышению эффективности эксплуатации изделий на местах. Быстрый сбор информации со всех мест даст достаточно большой объем эксплуатационных данных по множеству однородных изделий, а система их автоматизированной обработки в центре позволит разработчикам быстро идентифицировать неисправности, подобрать решение по их устранению, пополнить базу прецедентов, внести необходимые изменения или в процедуры сопровождения изделий, или в совершенствование самого изделия и в итоге уменьшить себестоимость создаваемой продукции.

Таким образом, сетцентрическая организация информационной системы позволяет устранить недостатки системы контроля за состоянием создаваемых изделий, эксплуатируемых на удаленных от разработчика местах, что ускоряет принятие решений по восстановлению работоспособности объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные инфокоммуникационные технологии открывают дополнительные возможности по ведению мониторинга состояний объектов, удаленных на значительные расстояния от некоторого центра, в функции которого входят обязанности их оперативного контроля и сопровождения на протяжении определенного периода их существования.

Периодический сбор информации, ее накопление, автоматизированная обработка, выдача советов на запросы по устранению отрицательных ситуаций, принятие

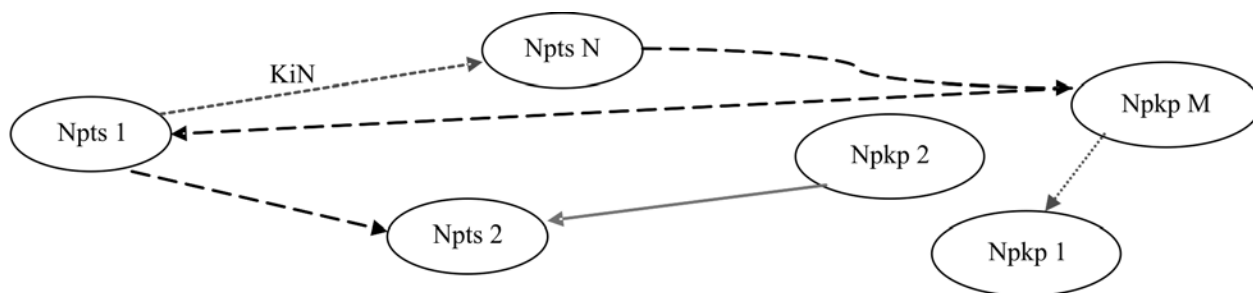


Рис. 4. Графовая модель

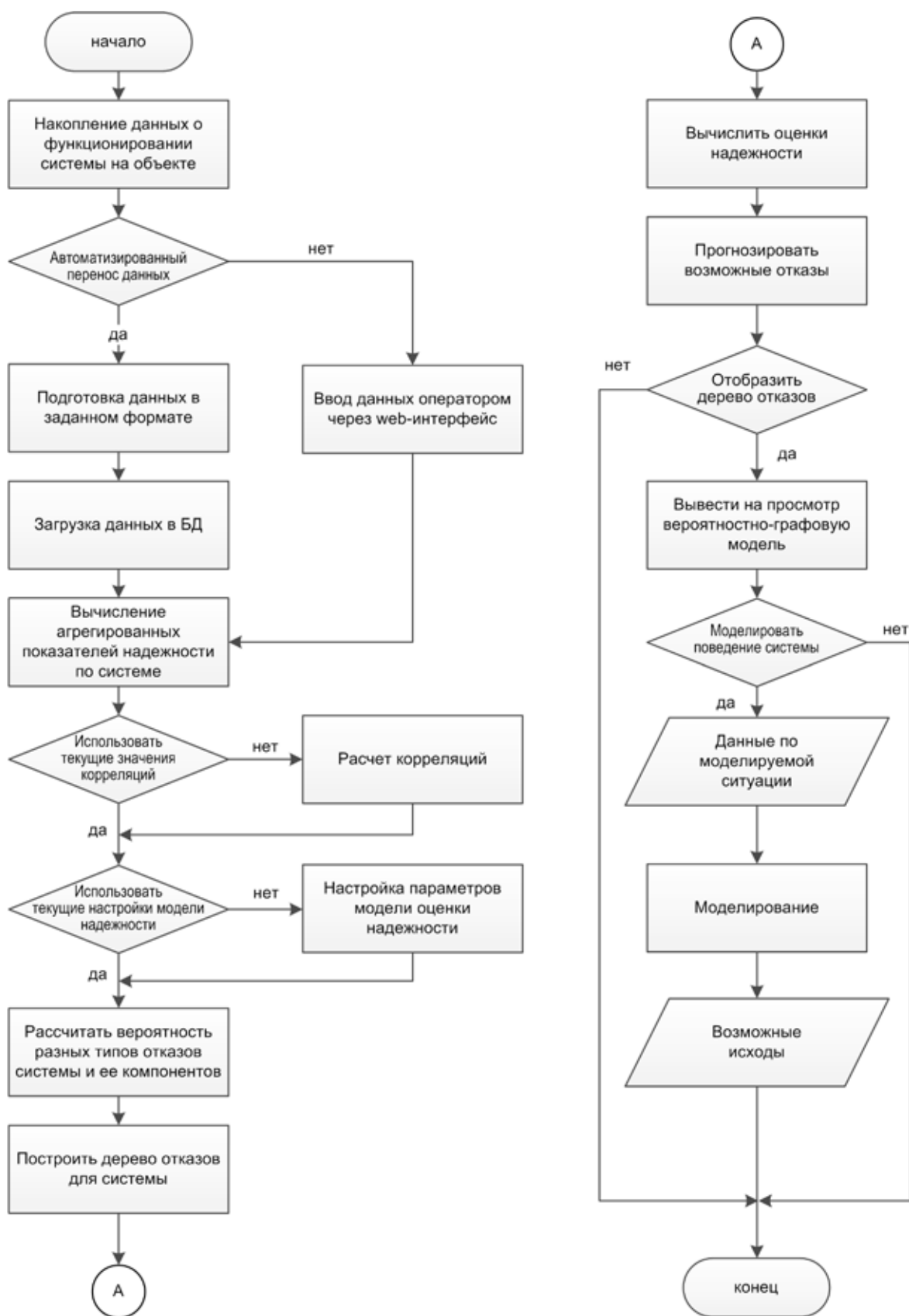


Рис. 5. Алгоритм функционирования системы

решений в экстремальных ситуациях и др. позволяют существенно повысить эффективность работы информационных систем, разработанных в центре и установленных на удаленных объектах.

Наиболее подходящей организацией такого мониторинга является сетевая архитектура, в центре которой находится система управления всеми событиями, происходящими на разнесенных по большой территории объектах, а на самих объектах размещены подсистемы сбора, учета, локальной обработки данных о состоянии изделий. В основе построения такой архитектуры лежит пара-связка «центр и объект» и модель «клиент–сервер». Для оперативного взаимодействия в этой связке требуется использование быстрого, надежного, дуплексного канала с соответствующим программным обеспечением, а в центре и на местах требуются соответствующие серверные системы.

Эффективность и качество организации сетецентрического удаленного мониторинга зависит от распределения функционалов в связке и точных регламентных мероприятий по обмену оперативными и другими данными, а также от оценки точности измеряемых и передаваемых данных и их дальнейшего использования для совершенствования разработки и производства выпускаемой и поставляемой на места продукции.

Интегрированная обработка поступающих данных от множества источников позволяет производить некоторую усредненную оценку типичных ситуаций и выработать обобщенную рекомендацию для множества однородных объектов, а также вносить соответствующие предложения по улучшению качества производимых изделий и процедур их эксплуатационного сопровождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов А.А. Сетецентрическая мультиагентная система для адаптивного управления железнодорожным движением в реальном времени // XII ВСЕРОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОБЛЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ (ВСПУ–2014). – Москва, 16-19 июня 2014 г. – Режим доступа: <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/8912.pdf> (дата посещения: 11.05.2015).
2. Бушуев В.В. Сетецентрический подход к организации управления функционированием и развитием энергетики // Секция «Интеллектуальная энергетика как система систем: от концепции к платформе с открытой архитектурой» II Международного энергетического форума. – Москва, 31.10.2013 г. – Режим доступа: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/Bushuev_31.10.13.pdf (дата посещения: 11.05.2015).
3. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.
4. ГОСТ Р 27.302-2009. Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей. – М. : Стандартинформ, 2011.
5. ГОСТ Р 51901.14-2007. Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы. – М. : Стандартинформ, 2008.
6. ГОСТ Р 51901.15-2005. Менеджмент риска. Применение марковских методов. – М. : Стандартинформ, 2005.
7. ГОСТ Р 51901.5-2005. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности. – М. : Стандартинформ, 2005.
8. Кондратьев А.Е. Общая характеристика сетевых архитектур, применяемых при реализации перспективных сетевых концепций ведущих зарубежных стран // Военная мысль. – 2008. – № 12 – С.63–73.
9. Макарова Л.В., Тарасов Р.В., Акжигитова О.Ф. Методика оценки конкурентоспособности предприятия // Современные научные исследования и инновации. – Февраль 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/02/31616> (дата обращения: 22.02.2014).
10. Тарасов Р.В., Макарова Л.В., Богомолова В.С., Новикова М.Ю. Систематический анализ системы для идентификации видов потенциальных отказов при производстве строительных конструкций // Современные научные исследования и инновации. – Февраль 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/02/31546> (дата обращения: 21.02.2014).

REFERENCES

1. Belousov A.A., Efremov G.A., Stepanov M.E., Shabunin A.B. Setetsentricheskaja multiagentnaja sistema dlja adaptivnogo upravlenija zheleznodorozhnyj dvizheniem v realnom vremeni [Network-Centric Multiagent System for the Adaptive Railroad Movement Control in Real Time]. XII Vserossiiskoe soveshchanie po problemam upravlenija (VSPU -2014) [The 12th All-Russian Workshop on Management Problems. VSPU -2014], Moscow, 16-19 June, 2014. Available at: vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/8912.pdf (accessed data: 11.05.2015).
2. Bushuev V.V. Setetsentricheskii podkhod k organizatsii upravlenija funkcionirovanijem i razvitiem energetiki [A Network-Centric Approach to the Management of Electricity-Producing Industry Activity and Development]. Sektsiia 'Intellektualnaja energetika kak sistema sistem: ot kontseptsii k platfome s otkrytoj arkhitekturoi' II Mezhdunarodnogo energeticheskogo foruma [The 2nd Intern. Power Industry Forum, Section 'Smart Energy System as a System of Systems: from Concept to the Open Platform with an Open Architecture'], Moscow, 31 Oct., 2013. Available at: www.energystrategy.ru/ab_ins/source/Bushuev_31.10.13.pdf (accessed data: 11.05.2015).
3. GOST 27.310-95. Nadezhnost v tekhnike. Analiz vidov, posledstvij i kritichnosti otkazov. Osnovnye polozhenija [Dependability in technics. Failure mode, effects and criticality analysis. Basic principles]. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 2002.
4. GOST R 27.302-2009. Nadezhnost v tekhnike. Analiz derva neispravnostej [Dependability in technics. Fault tree analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 2011.
5. GOST R 51901.14-2007. Menedzhment riska. Strukturnaja skema nadezhnosti i bulevy metody [Application of Markov techniques]. Moscow, Standartinform Publ., 2008.

6. GOST R 51901.15-2005. *Menedzhment riska. Primenenie markovskikh metodov* [Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and Boolean methods]. Moscow, Standartinform, 2005.

7. GOST R 51901.5-2005. *Menedzhment riska. Rukovodstvo po primeneniyu metodov analiza nadezhnosti* [Dependability management. Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology]. Moscow, Standartinform Publ., 2005.

8. Kondratiev A.E. *Obshchaia kharakteristika setevykh arkhitektur, primeniaemykh pri realizatsii perspektivnykh setetsentricheskikh kontseptsii vedushchikh zarubezhnykh stran* [Total Network Architectures Characteristic used while Executing the Advanced Network-Centric Concept of Lead Foreign Counties]. *Voennaia mysl* [Military Thinking], 2008, no. 12, pp. 63–73.

9. Makarova L.V., Tarasov R.V., Akzhigitova O.F. *Metodika otsenki konkurentosposobnosti predpriatiia* [The Methodology of Enterprise's Competitiveness Evaluation]. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii* [Scientific and practical Journal 'Modern Scientific Researches and Innovations'], 2014, no. 2, Available at: web.snauka.ru/issues/2014/02/31616 (accessed data: 22.02.2014).

10. Tarasov R.V., Makarova L.V., Bogomolova V.S., Novikova M.Yu. *Sistematicheskii analiz sistemy dlia identifikatsii vidov potentsialnykh otkazov pri proizvodstve stroitelnykh konstruksii* [The Systematic Analysis of System for Species Identification of Potential Failures in the Production of Building Structures]. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii* [Scientific and Practical Journal 'Modern Scientific Researches and Innovations'], 2014, no. 2. Available at: web.snauka.ru/issues/2014/02/31546 (accessed data: 21.02.2014).