

DOI: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.01.028>

УДК 004.04

А.Г. ДОДОНОВ, д-р техн. наук, проф., зам. директора,
Институт проблем регистрации информации НАН Украины, Киев, 03113, ул. Шпака, 2,
dodonov@ipri.kiev.ua

В.Е. МУХИН, д-р техн. наук, проф., Нац. техн. ун-т Украины «Киевский
политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 03056, просп. Победы, 37,
v.mukhin@kpi.ua

СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ОБЪЕКТАМИ ПОВЫШЕННОЙ ЖИВУЧЕСТИ

Рассмотрено построение системы организационного управления сложными объектами, изменение целей их функционирования и механизмы реконфигурации средств объекта для повышения и поддержки живучести, в том числе на основе использования предыстории функционирования системы. Представлена функциональная модель для анализа и повышения живучести системы, формально описана оптимизационная задача повышения времени живучести сложного объекта или системы.

Ключевые слова: живучесть, управление, функционирование, функциональная модель.

Введение

Сегодня для повышения эффективности функционирования сложных объектов и систем необходимо обеспечить их живучесть, в частности выполнение ими критичных функций [1, 2]. Под живучестью понимается способность объекта или системы выполнять свои базовые функции в условиях внешних и внутренних неблагоприятных воздействий, при этом качество выполнения базовых функций системы должно быть на определенном уровне, не ниже установленного для поддержки системы. Объект должен иметь возможность выполнить реконфигурацию, реорганизацию и реконструкцию для поддержки структурной, функциональной и информационной живучести [3–6]. Перечисленные виды живучести взаимосвязаны между собой и их реализация в

комплексе определяет возможность поддержания системы в работоспособном состоянии.

В общем случае объект функционирует в определенной окружающей среде и взаимодействует с ней. В процессе такого взаимодействия среда может оказывать влияние на объект, и, наоборот, в свою очередь, объект может влиять на окружающую его среду. С учетом обеспечения живучести объекта необходимо установить конкретные элементы объекта, влияющие на его живучесть, и выделить особенности взаимодействия данных элементов с внешней средой [7–11].

Внешняя среда способна влиять на объект таким образом, что в результате происходит деградация структуры и/или функций объекта, и в этом случае такое влияние необходимо ограничить либо полностью устранить. Одним из возможных путей снижения влияния

внешней среды на объект есть контр-воздействие объекта на внешнюю среду с целью изменения тех ее свойств, которые непосредственно влияют на элементы объекта, критичные с учетом его живучести.

Внешние факторы, влияющие на систему, могут быть минимизированы путем формирования контура защиты объекта, при этом полностью влияние всего комплекса внешних факторов исключить невозможно [12–15]. Внутренние факторы могут быть минимизированы на этапе проектирования сложного объекта или системы таким образом, что в структуру объекта будут заложены возможности реконфигурации, реорганизации, реконструкции и изменения функциональности отдельных компонентов системы.

Постановка задачи

Функционирование сложных объектов и систем обеспечивает система организационного управления (СОУ), в задачи которой входит не только процесс управления объектом, но так же и поддержка его живучести.

СОУ выполняет реконфигурацию, реорганизацию и реконструкцию для определения целей функционирования объекта, кроме того, она осуществляет управление объектом с учетом изменения внешних и внутренних факторов, в частности анализирует параметры внешней среды объекта и определяет новые цели функционирования компонентов системы. СОУ должна обеспечить реакцию на неблагоприятные внешние и внутренние факторы путем гибкого управления структурой и/или функциями компонентов системы, в том числе изменения структуры объекта или системы, а также перераспределения базовых функций отдельных компонентов для продолжения функционирования объекта. Следовательно, повышение живучести объекта рассматривается в контексте обеспечения живучести системы для его организационного управления.

Одним из важнейших аспектов организации функционирования объекта с учетом обеспечения его живучести есть прогнозиро-

вание состояний параметров элементов объекта для упреждения перехода элементов объекта в потенциально опасные для живучести состояния. Для реализации прогнозирования необходимо выполнение постоянного мониторинга параметров объекта и проведение анализа поведения объекта в контексте изменения его параметров. Целесообразно выполнить распознавание потенциально опасных состояний еще на начальной стадии развития такого процесса, что позволит оперативно и с минимальными затратами отреагировать на подобные изменения параметров и предпринять соответствующие упреждающие меры.

В статье рассматриваются автоматизированные объекты, в управлении которыми участие принимает человек. Таким образом, СОУ должна учитывать влияние человеческого фактора на функционирование объекта, а также влияние технологий, на основе которых работает объект.

Отметим, что в данной статье рассматриваются вопросы обеспечения живучести объекта в контексте внутреннего перестроения элементов объекта, при этом задачи устранения или минимизации внешних факторов, влияющих на объект, в том числе задачи изменения внешней среды и защиты от ее влияния на объект в данном случае не рассматриваются.

Система организационного управления

Она выполняет контроль и управление функционированием сложного автоматизированного объекта, при этом в СОУ выделяются базовые (основное функционирование) и управляющие функции. Одной из основных задач, с учетом поддержки свойства живучести сложного объекта, есть поддержка перераспределения выполняемых функций между компонентами объекта. При этом для реализации объекта должна быть предусмотрена возможность на структурном и/или функциональном уровне выполнить такое перераспределение. Так, для компьютерных систем, включающих в себя несколько процессоров или контролле-

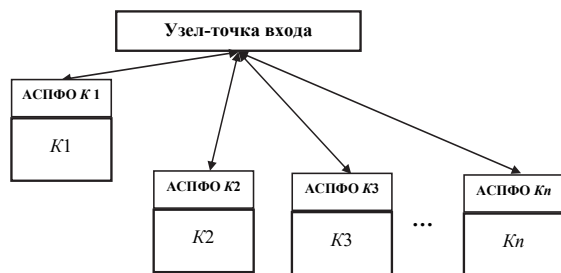


Рис. 1. Схема взаимодействия АСПФО компонентов с узлом–точкой входа системы

ров, путем изменения их программного обеспечения возможно выполнение ими как базовых, так и управляющих функций, в зависимости от того, какая программа в данный момент загружена в оперативную память.

Один из вариантов реализации механизма СОУ — децентрализованная архитектура. В процессе функционирования системы задания из внешней или внутренней очереди поступают на свободный или освободившийся компонент (К), параметры которого позволяют в данный момент времени обработать поступившие задания. В дальнейшем данный компонент выступает в качестве точки входа задания и берет на себя общее управление его обработкой, в том числе планирование выполнения задания, подбор ресурсов системы для его выполнения, сбор промежуточных результатов и получение конечного результата.

Для эффективной обработки заданий узел–точка входа должен иметь данные о текущих параметрах компонентов системы (ресурсах), в частности о тех, которым задания или их части будут направлены для выполнения.

В общем случае, компоненты системы могут передавать данные о своем текущем состоянии в синхронном режиме, т.е. периодически через определенные промежутки времени передавать сообщения узлу–точке входа либо в асинхронном режиме по запросу от узла–точки входа. Для снижения дополнительных затрат при выполнении процедуры анализа и передачи параметров ресурсов данную процедуру следует передать специально выделенному элементу — агенту сбора параметров функционирования объекта (АСПФО). Фактически, на

каждом компоненте системы локально размещается АСПФО, который поддерживает сбор, анализ и предоставление узлу–точке входа данных о текущих параметрах компонента, при этом конкретный перечень параметров определяется в зависимости от требований инициатора задания. Схема взаимодействия АСПФО с узлом–точкой входа представлена на рис. 1.

Структура и функционирование АСПФО
 АСПФО выполняет сбор определенных параметров компонентов системы и передачу их узлу–точке входа. Передача параметров реализуется либо синхронно через равные промежутки времени, или же асинхронно по запросу узла–точки входа. Соответственно информацию о параметрах компонента через определенные промежутки времени следует записывать в локальную выделенную память компонента, тем самым, формируя контрольные точки функционирования системы для постоянного анализа ее состояния.

Анализ параметров живучести СОУ и объекта. Определение критичных функций и критичных состояний

В процессе функционирования СОУ и объекта выделяются критичные функции, необходимые для поддержания его живучести, а также выделяются критичные (опасные) состояния объекта, при появлении которых объект с определенной вероятностью может прекратить функционирование. Для обеспечения живучести набор критичных функций должен быть, безусловно, поддержан в процессе функционирования объекта, а также поставлена задача выявления потенциально опасных состояний объекта с целью предупреждения перехода объекта в такие состояния.

Каждый узел объекта (системы) содержит базу данных, хранящую шаблоны критичных функций системы и шаблоны вероятных опасных состояний системы. Эта база распределенная, на каждом узле хранится только часть шаблонов вероятных опасных состояний системы, при этом периодически проводится об-

мен шаблонами между узлами. При обнаружении факта попытки реализации потенциально критичных функций системы сработавший шаблон копируется в базы всех узлов.

Изменение целей функционирования объекта

В процессе функционирования объекта (системы) текущие цели его могут изменяться. В случае, если по определенным причинам объект оказался в критичном состоянии или же его функционирование с высокой вероятностью приведет к переходу в критичное состояние, цели объекта должны измениться. В изменившихся условиях оперативной целью объекта выступает задача выхода из критичного состояния путем задействования всех доступных ресурсов. Фактически, все ресурсы объекта переориентируются на решение данной задачи, а исходные цели функционирования объекта оказываются в замороженном состоянии. Возврат к исходной цели возможен через определенный промежуток времени после реализации выхода объекта из критичного состояния.

Реконфигурация средств объекта

Рассмотрим в качестве объекта автоматизированную (компьютерную) систему, представляющую собой комплекс гетерогенных аппаратных и программных компонентов, каждый из которых потенциально способен реализовать программное обеспечение, хранящееся в общей или локальной оперативной памяти [16]. Любой из компонентов системы в процессе функционирования периодически фиксирует текущее состояние выполнения своего локального программного кода в общей оперативной памяти, тем самым, формируя контрольную точку или точку отката. Предполагается, что доступ к общей памяти имеют все функционирующие компоненты системы. На рис. 2 представлена общая схема автоматизированной системы с поддержкой живучести.

В случае выхода из строя (сбоя) одного из компонентов, управляющий блок, который может реализоваться как блуждающий центр, передает свободному работоспособному компоненту программный код для выполнения и ссылку на данные в общей оперативной памяти. Под свободным компонентом понимается также и такой компонент, который, будучи загруженным, имеет дополнительные ресурсы для выполнения программы, например, многопроцессорная или многоядерная система. Отказавший компонент временно переводится в спящий режим и не используется.

Выбор свободного работоспособного компонента осуществляется либо по принципу случайной выборки, либо с учетом функциональных параметров компонента, таких как производительность, скорость каналов связи, надежность, защищенность и т.д.

Управление распределением заданий выполняется в децентрализованном режиме. Тот компонент, на который поступило задание, объявляется инициатором данного задания, и далее он выступает в качестве управляющего компонента, в том числе блуждающего центра. При этом в системе присутствует общий супервизор—координатор действий управляющих компонентов.

Альтернативный вариант обеспечения живучести — схема взаимодействия процессорных модулей без использования общей памяти. В этом случае инициатор задания, выступающий в роли управляющего элемента (центра) для данного конкретного задания, используя механизмы диспетчеризации, в том числе с учетом параметров объекта (например, распределенной компьютерной системы), выполняет начальное распределение задания на ресурсы.

В процессе работы все ресурсы (процессоры) сохраняют предысторию функционирования, а также случаев обмена данными с другими ресурсами (процессорами). Данная предыстория включает в себя фиксацию адресов процессоров, отправленных данных или полученных от них, а также копию отправленных данных и программного кода для их об-

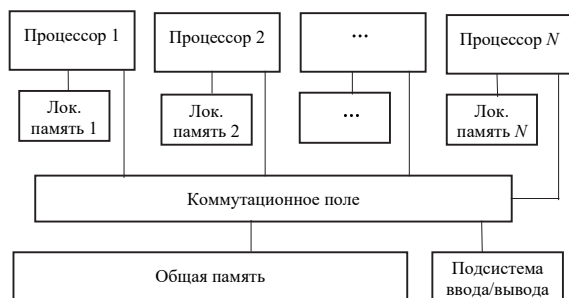


Рис. 2. Общая схема автоматизированной системы с поддержкой живучести

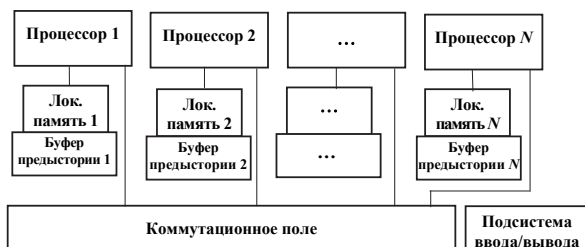


Рис. 3. Общая схема автоматизированной системы с поддержкой живучести на основе использования предыстории функционирования системы

работки. Предыстория динамически изменяется, т.е. после завершения обработки очередной части данных процессорным элементом и получения корректного ответа от него, предыдущие данные обнуляются.

В случае сбоя (отказа) процессорного элемента, т.е. при отсутствии за определенный промежуток времени ответа (результата), управляющий компонент определяет адрес отказавшего процессора, восстанавливает предысторию функционирования системы и возвращает систему в тот момент времени, когда функционирование всех процессорных элементов было корректным, т.е. выполняет локальный откат системы. Далее управляющий компонент передает другому (исправному) процессорному элементу копию данных и программного кода, которые не были обработаны неисправным процессором. После получения корректного ответа от процессора предыстория по исходным данным обнуляется. Таким образом, формируется текущая предыстория функционирования системы, которая содержит информацию лишь по тем данным,

которые находятся в данный момент в обработке и по которым еще не получен ответ (реакция) процессора. Общая схема автоматизированной системы с поддержкой живучести на основе использования предыстории функционирования системы представлена на рис. 3.

Формализация механизма работы системы на основе функциональной модели

Представим функциональную модель для анализа и повышения живучести системы. Введем следующие понятия: уровень функциональности объекта как способность объекта поддерживать базовые, в том числе критичные функции, а также степень критичности выполняемых операций с учетом их влияния на общее функционирование объекта, прежде всего в плане поддержания его работоспособности.

Рассмотрим систему как набор взаимосвязанных и взаимозависимых объектов, каждый из которых функционирует независимо друг от друга. Тогда с учетом критичности выполняемых операций, уровень функциональности $Lf_i(t)$ i -го элемента рассчитаем как:

$$Lf_i(t) = Lf_0 * \left[\frac{Q_{lim}}{Q_i(t) + 1} \right] * Cr(t), \quad (1)$$

где Lf_0 — начальный уровень функциональности элемента, $Cr(t)$ — уровень критичности выполняемых элементом функций на интервале времени $(0, t)$, $Q_i(t)$ — число случаев отказов, вызванных i -м элементом на интервале времени $(0, t)$, Q_{lim} — критичное число случаев отказов с учетом живучести системы на том же интервале времени.

Предлагается нормировать уровень функциональности элемента на интервале $(0, \dots, 1)$. Для этого определим максимально возможный уровень функциональности Lf_{max} элементов при фиксированном начальном его уровне

$$Lf_{max} = Lf_0 * Q_{lim} * Cr_{max}, \quad (2)$$

где Cr_{max} — максимально возможное значение уровня критичности выполняемых элементом функций на интервале времени $(0, t)$. Далее,

нормирование уровня функциональности $Lf_{\text{норм}}(t)$ осуществляется так

$$Lf_{\text{норм}}(t) = \frac{Lf_i(t)}{Lf_{\text{max}}} \quad (3)$$

На рис. 4 представлен график зависимости нормированного уровня функциональности $Lf_i(t)$ в процессе работы системы в условиях изменения уровня выполняемых элементом функций на интервале времени $(0, t)$. Как видно из рис. 4, в рассматриваемом случае уровень функциональности элемента периодически растёт и снижается, что определяется двумя факторами:

- число случаев отказов, вызванных i -м элементом на интервале (соответственно, на первом и третьем участках — число случаев отказов меньше критичного уровня, на втором — выше);

- динамикой уровня критичности выполняемых элементом функций.

Учитывая сказанное, уровень живучести системы в целом (система рассматривается как набор взаимосвязанных элементов (объектов)) рассчитывается так

$$V(t) = \prod_{i=1}^m Lf_i(t) \quad (4)$$

Далее, время сохранения работоспособности (живучести) T системы в целом с учетом уровня живучести оценивается как

$$T = \int_0^1 V(t) dt \quad (5)$$

В дискретизированном виде время сохранения работоспособности (живучести) T системы в целом с учетом уровня живучести представляется как [17]:

$$T = \sum_{i=1}^N V(t_i) \Delta t \rightarrow \max, \quad (6)$$

$$Lf_{\text{min}} \leq V(t_i) \leq Lf_{\text{max}},$$

где $L_{\text{min}}, L_{\text{max}}$ — предельные значения уровня функциональности на интервале исследования.

Предположим, что для некоторой системы требуется обеспечить максимально возможное время работоспособности T (живучести), что формально можно представить как оптимизационную задачу [17–19].

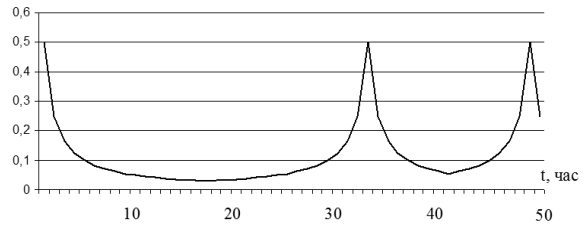


Рис. 4. Зависимость нормированного уровня функциональности $Lf_i(t)$ в процессе функционирования системы

Пусть переменными состояниями являются функции показателей живучести $v_1(t), v_2(t), v_3(t)$, а управляющими переменными служат показатели $c_1(t)$ и $c_2(t)$. В каждый момент времени t живучесть системы зависит от функций показателей живучести $v_1(t), v_2(t), v_3(t)$ и от управляющих переменных $c_1(t)$ и $c_2(t)$.

В соответствии с этим, функция живучести в момент времени t имеет вид $f_1(t, v_1(t), v_2(t), v_3(t), c_1(t), c_2(t))$. Тогда время сохранения живучести оценивается как:

$$T = \int_0^1 (f_1(t, v_1(t), v_2(t), v_3(t), c_1(t), c_2(t))) dt \quad (7)$$

Формально оптимизационная задача повышения времени сохранения живучести может быть представлена таким образом:

$$\frac{dv_1}{dt} = f_1(t, v_1(t), v_2(t), v_3(t), c_1(t), c_2(t)) \quad (8)$$

с подлежащим максимизации критерием T — времени сохранения живучести:

$$T = \int_0^1 (f_0(t, v_1(t), v_2(t), v_3(t), c_1(t), c_2(t))) dt \quad (9)$$

где $v_1(t)$ — вероятность потери работоспособности системы, $v_1(t, n) = P\{F = 0, A_n\}$ A_n — событие, как n -разовое появление неблагоприятных воздействий; $v_2(t)$ — показатель выживаемости системы, $v_2(t, n) = P\{F = 1, A_n\}$; $v_3(t)$ — запас живучести системы, $v_3 = Q_{lim} - 1$; $c_1(t)$ — число пораженных объектов системы; $c_2(t)$ — число неблагоприятных воздействий на систему.

Решение данной задачи позволит повысить прогнозируемое время сохранения живучести сложной системы.

Заклучение

В статье предложен механизм повышения живучести сложных объектов и систем организационного управления сложными объектами на основе архитектуры с распределенным управлением и с использованием предьстории функционирования системы. Выполнена

формализация механизма функционирования системы на основе функциональной модели с учетом повышения живучести системы. Выполнен анализ и разработана модель повышения времени живучести системы на основе решения оптимизационной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. — К.: Наук. думка, 2011. — 256 с.
2. Клячко Л.М., Острецов Г.Э. Проектирование высоконадежных систем автоматического управления движением корабля. — М.: ФизМатЛит, 2010. — 136 с.
3. Корытчинко Т.И. Применение методов повышения живучести для обеспечения защищенности в распределенных телекоммуникационных системах // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2015. — № 2. — С. 52–56.
4. Забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем / О.В. Барабаш, Б.В. Дурняк, О.А. Машков та ін. // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. праць. — К.: Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2012. — 64. — С. 36–41.
5. Черкесов Г.Н., Недосекин А.О. Описание подхода к оценке живучести сложных структур при многообразных воздействиях высокой точности. Ч. 2. Надежность. — 2016. — 16(3). — С. 26–34.
6. Шубинский И.Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа. — Ульяновск: Областная типография Печатный двор, 2012. — 216 с.
7. Шнитман В.З., Кузнецов С.Д. Серверы корпоративных баз данных. — http://citforum.ck.ua/database/skdb/glava_10.shtml
8. Можсаева И.А., Нозик А.А., Струков А.В. Современные тенденции структурно-логического анализа надежности и кибербезопасности АСУТП. — http://www.szma.com/mabr2_2015.pdf
9. Codetta-Raiteri D. Generalized Fault Trees: from reliability to security. — <http://people.unipmn.it/dcr/papers/qasa.pdf>
10. Improving the analysis of dependable systems by mapping fault trees into Bayesian networks / A. Bobbio, L. Portinale, M. Minichino et al. // Reliability Engineering & System Safety. — 2001. — 71. — P. 249–260.
11. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли / А.Н. Кирилин, Р.Н. Ахметов, А.В. Сологуб и др. — М.: Машиностроение, 2010. — 66 с.
12. Волокита А.М., Мухин В.Е., Стешин В.В. Специфіка інформаційних систем на основі технології *cloud computing* // Вісн. Чернігівського технол. ун-ту. — 2011. — 4(53). — С. 176–184.
13. Distributed Computer System Resources Control Mechanism Based on Network-Centric Approach / Z. Hu, V. Mukhin, Ya. Kornaga et al. // Int. J. of Intelligent Systems and Applications (IJISA), 2017. — 9, N 7. — P. 41–51. DOI: 10.5815/ijisa.2017.07.05.
14. Трофимчук А.Н., Васянин В.А. Компьютерное моделирование иерархической структуры коммутационной сети с дискретными многопродуктовыми потоками // УСиМ. — 2016. — № 2. — С. 48–57.
15. Комар М.М. Вдосконалення концепції відмовостійкого керування повітряним судном. — Там же. — 2017. — 5(271). — С. 75–85.
16. William Stallings. Operating Systems — Internals and Design Principles, 7th Edition. — Prentice Hall, 2011. — 816 p. — ISBN 013230998X.
17. Черкесов Г.Н., Недосекин А.О. Оценка живучести сложных структур при многообразных воздействиях высокой точности. Ч. 1. Описание подхода. — http://www.ifel.ru/surv/Res_3.pdf
18. Грищенко И.В. Метод повышения живучести инфокоммуникационной сети. // Холодильна техніка та технологія. — 2013. — № 6 (146). — С. 66–70.
19. Костенко В.А. Принципы построения генетических алгоритмов и их использование для решения задач оптимизации. — <http://lvk.cs.msu/index.php/articles/156>

Поступила 28.12.2017

REFERENCES

1. Dodonov A.G., Lande D.V. Vitality of information systems, K.: Nauk. Dumka, 2011, 256 p. (In Russian).
2. Klyachko L.M., Ostretsov G.E. Designing highly reliable systems for automatic control of ship movement, Moscow: FizMatLit, 2010, 136 p. (In Russian).

3. *Korychynko T.I.* Application of methods to increase survivability to ensure security in distributed telecommunications systems. Information and control systems in the railway transport, 2015, N 2, P. 52–56. (In Russian).
4. *Provision of functional stability of complex technical systems.* O.V. Barabash, B.V. Durniak, O.A. Mashki and others. Modeling and Information Technology: Coll. sciences Works, K.: Institute of Modeling Problems in the Energy. G.E. Puhov NAS of Ukraine, 1012, 64, P. 36–41. (In Ukrainian).
5. *Cherkesov G.N., Nedosekin A.O.* Description of the approach to assessing the survivability of complex structures for multi-time impacts of high accuracy. Part 2. Reliability, 2016, 16 (3), P. 26–34. (In Russian).
6. *Shubinsky I.B.* Structural reliability of information systems. Methods of analysis, Ulyanovsk: Regional Printing House "Printing Yard", 2012, 216 p. (In Russian).
7. *Shnitman V.Z., Kuznetsov S.D.* Servers of corporate databases, http://citforum.ck.ua/database/skdb/glava_10.shtml. (In Russian).
8. *Mozhaeva I.A., Nozik A.A., Strukov A.V.* Current trends in the structural and logical analysis of reliability and cybersecurity of the automated process control system, http://www.szma.com/mabr2_2015.pdf (In Russian).
9. *Codetta-Raiteri D.* Generalized Fault Trees: from reliability to security, <http://people.unipmn.it/dcr/papers/qasa.pdf>.
10. *Improving the analysis of dependable systems by mapping fault trees into Bayesian networks.* A. Bobbio, L. Portinale, M. Minichino et al. Reliability Engineering & System Safety, 2001, **71**, P. 249–260.
11. *Methods for ensuring the living of the low-Earth orbit automatic earthing sensing satellite.* A.N. Kirilin, R.N. Akhmetov, A.V. Sologub et al., Moscow: Mashinostroenie, 2010, 66 p. (In Russian).
12. *Volokita A.M., Mukhin V.E., Steshin V.V.* The specifics of the information system based on cloud com-laying technology. Visn Chernigov. Technological University, 2011, 4 (53), P. 176–184. (In Ukrainian).
13. *Distributed Computer System Resources Control Mechanism Based on Network-Centric Approach.* Int. J. of Intelligent Systems and Applications (IJISA), DOI: 10.5815/ijisa.2017.07.05, 2017, **9**, 7, P. 41–51.
14. *Trofymchuk A.N., Vasyanin V.A.* A Computer Simulation of the Hierarchical Structure Communication Network with the Discrete Multicommodity Flows, Upr. sist. маъ., 2016, N 2, P. 48–57. (In Russian).
15. *Komar N.N.* The Concept of the Aircraft Fault-Tolerant Control Improvement, Upr. sist. маъ., 2017, N 5 (271), P. 75–85. (In Russian).
16. *William Stallings.* Operating Systems — Internals and Design Principles, 7th Edition, Prentice Hall, 2011, 816 p, ISBN 013230998X.
17. *Cherkesov G.N., Nedosekin A.O.* Evaluation of the survivability of complex structures with multiple exposure to high accuracy. Part 1. Description of the approach, http://www.ifel.ru/surv/Res_3.pdf. (In Russian).
18. *Grishchenko I.V.* The method of increasing the survivability of the infocommunication network. Refrigeration technology and technology, N 6 (146), 2013, P. 66–70. (In Russian).
19. *Kostenko V.A.* Principles of constructing genetic algorithms and their use for solving optimization problems, <http://lvk.cs.msu/index.php/articles/156>. (In Russian).

Received 28.12.2017

A.G. Dodonov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Research, Institute for Information Recording, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 03113, Str. Shpaka, 2. dodonov@ipri.kiev.ua

V.E. Mukhin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematical Methods of System Analysis of the National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kiev, 03056, Kiev, Pr. Pobedy, 37. v.mukhin@kpi.ua

SYSTEM OF ORGANIZATIONAL CONTROL OF THE AUTOMATED OBJECTS WITH THE INCREASED VITALITY

Introduction. The complex objects and systems functioning is provided by an organizational control mechanism, which tasks are not only the process of the object control, but also the support of its vitality. One of the most important aspects of the object organization functioning from the viewpoint of its vitality ensuring is the parameters prediction in order to prevent the cases when the elements will be into potentially dangerous conditions for vitality. To implement such prediction, it is required to perform constant monitoring of the object's parameters, and to perform an analysis of the object behavior in the context of its parameters changing.

Purpose. Increasing the vitality of the complex automated systems is based on a special system of the organizational control, taking into account the dynamics of the system functionality level.

Methods. The system of organizational control uses the mechanisms of reconfiguration, reconstruction and reorganization in order to ensure the vitality of the system. During the system functioning, the current goals of the object can be changed. In case if, for the certain reasons, the object is in a critical state or its functioning is likely to lead to a

critical state, then the goals of the object must be changed. In the changed conditions, the object's operational goal is to exit from the critical state using all the available resources.

Results. The variant of the mechanism realization of the organizational control system based on the decentralized architecture is presented. The analysis of the vitality parameters is performed, the concepts of the critical functions and the critical states are defined. The issues of the object functioning goals changing, as well as mechanisms for reconfiguring of the object in order to support its vitality are described. The general scheme of an automated system with the support for vitality is given, also is described the scheme on the basis of the background of the system functioning. A functional model for analyzing and increasing the vitality of the system is presented, and the optimization problem of increasing of the vitality time of a complex object or system is formally described.

Conclusion. A mechanism for increasing of the vitality of the complex objects and the systems of organizational control of the complex objects is suggested. It is based on an architecture with distributed control and the history of the system functioning. The formalization of the system functioning mechanism constructed within a functional model in terms of increasing the system vitality is performed. The analysis and the model for increasing the vitality time of the of the optimization problem solution are developed.

Keywords: *vitality, control, functioning, functional model.*

О.Г. Додонов, д-р техн. наук, професор, заст. директора, Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, Київ, 03113, вул. Шпака, 2, dodonov@ipri.kiev.ua

В.Е. Мухин, д-р техн. наук, професор, Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 03056, просп. Перемоги, 37, v.mukhin@kpi.ua

СИСТЕМА ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ПІДВИЩЕНОЇ ЖИВУЧОСТІ

Вступ. Функціонування складних об'єктів та систем забезпечується системою організаційного управління, завдання якої полягає не тільки в процесі управління об'єктами, а й у підтримці його живучості. Одним з найважливіших аспектів організації функціонування об'єкта з точки зору забезпечення його живучості є прогнозування параметрів елементів об'єктів для запобігання тих випадків, коли елементи опиняться в потенційно небезпечних умовах для їх життєздатності. Для реалізації такого прогнозу необхідно проводити постійний контроль параметрів об'єкта та аналіз поведінки об'єкта в контексті зміни його параметрів.

Мета. Збільшення життєздатності складних автоматизованих систем на основі спеціальної системи організаційного управління з урахуванням динаміки рівня функціональності системи.

Методи. Система організаційного управління використовує механізми реконфігурації, реконструкції та реорганізації з метою забезпечення живучості системи. Під час функціонування системи можуть змінюватися поточні цілі об'єкта. У випадку, коли з певних причин об'єкт знаходиться у критичному стані або його функціонування, ймовірно, веде до критичного стану, цілі об'єкта повинні бути змінені. В цих умовах оперативна мета об'єкта – вийти з критичного стану, використовуючи всі наявні ресурси.

Результати. Представлено варіант реалізації механізму системи організаційного управління на основі децентралізованої архітектури. Проведено аналіз параметрів живучості системи організаційного управління та об'єкта, визначено поняття критичних функцій та критичних станів. Описано питання зміни цілей функціонування об'єкта, а також механізми реконфігурації об'єкта з метою підтримки його живучості. Подано загальну схему автоматизованої системи з підтримкою живучості, також описано схему на основі функціонування системи. Представлено функціональну модель аналізу та підвищення живучості системи, формально описано оптимізаційну задачу щодо збільшення часу живучості складного об'єкта чи системи.

Висновок. В роботі запропоновано механізм підвищення живучості складних об'єктів та систем організаційного управління складними об'єктами на основі архітектури з розподіленим управлінням з урахуванням історії функціонування системи. Проведено формалізацію механізму функціонування системи на основі функціональної моделі з точки зору підвищення живучості системи. Виконано аналіз та розроблено модель збільшення часу живучості системи на основі вирішення оптимізаційної задачі.

Ключові слова: *живучість, керування, функціонування, функціональна модель.*