



**ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКІ СИЛИ
ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**АКАДЕМІЇ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ
ІМЕНІ П.С. НАХІМОВА**

Випуск 4 (4)



Севастополь

2010

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

АКАДЕМІЇ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ
імені П.С. НАХІМОВА

ВИПУСК 4(4)

У випуску:

- *Озброєння і військова техніка*
- *Радіотехнічні системи та зв'язок*
- *Інформаційні технології*
- *Енергетичні системи кораблів та суден*
- *Живучість корабля, берегових об'єктів та безпека на морі*
- *Загальнонаукові проблеми*

ББК
Ц 5/7 + Ц 9
УДК 623

Збірник наукових праць Академії військово-морських сил імені П.С. Нахімова. – Севастополь: АВМС імені П.С. Нахімова, 2010. – Вип. 4(4). – 176 с.

ISSN 2218-0478

Збірник наукових праць складається з шести основних розділів і містить статті з фундаментальних та прикладних наукових досліджень з питань: озброєння і військової техніки, радіотехнічних систем і зв'язку, інформаційних технологій, енергетичних систем кораблів та суден, живучості корабля, берегових об'єктів та безпеки на морі.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова – В.О. Кузьмін, к.т.н., доцент.

Заступники голови – Д.Б. Кучер, д.т.н., доцент; О.М. Баранов, к.т.н., професор.

Члени колегії:

Чабаненко П.П., д.в.н., професор (АВМС імені П.С. Нахімова); Нікітін Є.В., д.т.н., професор (АВМС імені П.С. Нахімова); Якімов В.О., д.т.н., професор (АВМС імені П.С. Нахімова); Гімпілевич Ю.Б., д.т.н., професор (Сев.НТУ, м. Севастополь); Гайський В.О., д.т.н., с.н.с. (МГІ НАН України, м. Севастополь); Ханмамедов С.А., д.т.н., професор (ОНМА, м. Одеса); Хорошко В.О., д.т.н., професор (ННІ ЗІ, м. Київ); Дегтярьов А.Х., д.ф.-м.н., с.н.с. (МГІ НАН України, м. Севастополь); Афонін І.Л., д.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Чумаков В.І., д.т.н., професор (АВМС імені П.С. Нахімова); Бабуров Е.Ф., д.т.н., професор (АВМС імені П.С. Нахімова); Гаршин О.Ю., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Ємець А.О., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Палаєв С.В., к.т.н., с.н.с., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Поповнін Ю.М., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Михайлов В.О., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Кирюхін О.Л., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Сухоп'яткін О.Г., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Тарабан А.П., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Сатига О.Г., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Філімонов І.Л., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Розгонаєв С.М., к.т.н., с.н.с. (АВМС імені П.С. Нахімова); Байздренко О.О., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Ісаєв О.В., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Горпинченко О.В., к.т.н., доцент (АВМС імені П.С. Нахімова); Харланов О.І., к.т.н. (АВМС імені П.С. Нахімова).

ВКЛЮЧЕНО ВАК ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ У ГАЛУЗІ ТЕХНІЧНИХ НАУК,
в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук
(Постанова президії ВАК України від 06 листопада 2010 року № 1–5/6, №3–5/6)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія KB № 16679-5251P від 07.05.2010р

Наукові статті, які включені до Збірника наукових праць, пройшли рецензування.
За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради Академії ВМС імені П.С. Нахімова,
протокол № 9/258 від 03 листопада 2010 року

Відповідальний за випуск В.О. Кузьмін, к.т.н., доцент

Адреса редакційної колегії: 99028, м.Севастополь-28, вул. Дибенка 1-А,
Академія військово – морських сил імені П.С.Нахімова,
телефон (0692) 24-35-75 (В.О. Кузьмін)

З М І С Т

ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

- Левченко А.О., Хахула В.В.** Визначення залежності показників надійності контрольно-перевірочної апаратури при визначених показниках надійності протитанкових керованих ракет та танкової апаратури керованого озброєння 5
- Анипко О.Б., Тараненко С.В., Хайков В.Л.** Система моніторингу порохових зарядів боєприпасів корабельної артилерії 11
- Коржавін Д.В., Цалко О.П.** Методичні рекомендації щодо удосконалення організації проведення тактичних навчань морської піхоти на сучасному етапі розвитку ВМС ЗС України 19
- Кірілін О.А., Фадєєв А.А.** Аналіз чинників, які впливають на побудовання методу оперативного діагностування технічного стану авіаційних двигунів вертольота МІ-14 особовим складом екіпажу 24
- Карпов С.Н.** Аэродинамические характеристики крыла вблизи плоских и взволнованных границ раздела сред 28
- Володін В.М., Паткаускас О.В.** Аналіз закономірностей розвитку протичовнової зброї напередодні великої вітчизняної війни 34

РАДІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТА ЗВ'ЯЗОК

- Афонін І.Л., Саламатин В.В., Бугаєв П.А.** Методика расчета параметров плоского металлодиэлектрического волновода 44
- Байздренко А.А., Лубский В.Б.** Экспериментальные исследования полуактивной радиолокационной системы с телевизионным подсветом в прибрежной зоне 50
- Поповнін Ю.М., Пузанов Д.М.** Обґрунтування можливості використання рядів Фур'є по системі функцій Уолша в корабельних засобах відображення тактичної обстановки 53
- Приступа С.В.** Моделирование радиолокационной отметки цели в компьютерном тренажере 58
- Никитин Н.М.** Предел угловой разрешающей способности антенной решетки 65
- Лобода П.Х., Паткаускас О.В.** Математичне обґрунтування ймовірності прийому викликів в глобальній морській системі зв'язку під час лиха та для забезпечення безпеки 71

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Вакар Р.В., Афонін І.Л.** Шляхи реалізації алгоритму обходу перешкод автономного підводного апарата 77
- Михайлов В.О., Куржеевский И.В., Кулагин Е.О.** Блочный алгоритм шифрования на основе стохастических битовых перестановок, управляемых данными 82
- Яцек Я.Ф., Иванченко О.В., Войтюк А.В., Степанов В.А.** Комплексный подход к управлению критическими инфраструктурами по техническому состоянию 91

УДК 62-192:519.2

Я.Ф. Яцек, к.т.н., доцент,

О.В. Иванченко, к.т.н.,

А.В. Войтюк, студент

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053

iov41@rambler.ru

В.А. Степанов, старший преподаватель

Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова,

ул. Дыбенко, 1А, г. Севастополь, 99028

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКИМИ ИНФРАСТРУКТУРАМИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ МЕГАСОСТОЯНИЮ

Предложен подход, позволяющий на основе использования результатов математического моделирования обеспечить эффективное использование по назначению критических инфраструктур. Рассмотрены терминологические и научно-технические аспекты управления готовностью инфраструктур к использованию по назначению с учетом их мегасостояния.

Табл. 1, рис. 3, библи. 9.

Постановка проблемы. Среди множества проблем жизнедеятельности современного человечества одной из важнейших является проблема обеспечения безопасного и эффективного использования по назначению критических инфраструктур.

К объектам, входящим в состав критических инфраструктур (КИ), в первую очередь следует отнести системы (изделия) промышленности, энергетики (в т.ч. атомной), нефтегазового комплекса, транспорта и связи. На формальном уровне КИ можно рассматривать как «системы, составленные из систем» (system of systems).

Различные аспекты обеспечения безопасности сложных технических систем (СТС) и инфраструктур с использованием информационных технологий (ИТ) рассмотрены в работах разных авторов. [1,2] Тем не менее, некоторые аспекты данной проблемы требуют уточнения и более детального изучения. Особенно, если рассматривать проблему безопасного использования по назначению в ракурсе сложившегося противоречия. Суть противоречия выражается в стремлении обеспечить максимальную эффективность функционирования КИ при отсутствии согласованного управления их готовностью по мегасостоянию (определение будет рассмотрено в дальнейшем).

В том случае, если в качестве основного принимается только бизнес-фактор, а требования эффективности игнорируются, то противоречие может выражаться в стремлении получить сверхприбыль от функционирования КИ за счет перераспределения ресурсов между элементами (СТС) инфраструктуры при полном (или частичном) игнорировании требований по централизованному (децентрализованному) управлению их готовностью к использованию по назначению.

Наглядным проявлением указанного противоречия, повлекшим за собой человеческие жертвы, является авария на Саяно-Шушенской ГЭС (Россия), а также ряд других техногенных катастроф. Это свидетельствует об интернациональном характере рассматриваемой проблемы и необходимости проведения фундаментальных исследований. [3] Поддержание КИ в готовности к использованию по назначению во многом зависит от возможностей по управлению их мегасостоянием (МГС). Именно это обстоятельство определяет степень важности и актуальность рассматриваемой проблемы.

Целью работы является формирование комплексного подхода к анализу различных аспектов проблемы управления готовностью критических инфраструктур по их техническому мегасостоянию.

Исходные положения. Анализ причин ряда катастроф свидетельствует о решающей роли в развитии трагедии человеческого фактора. На сегодняшний день известно, что именно этот фактор не удается учесть в полной мере при моделировании процессов функционирования систем (инфраструктур). Однако, если подойти к решению этой задачи в более широком контексте – контексте эволюции КИ [1], то отрицательное влияние человеческого фактора можно существенно снизить. Для этого необходимо КИ создавать как эволюционирующие системы, обладающие возможностями по оптимизации ресурса с учетом перераспределения нагрузки между СТС инфраструктуры. В этом случае критическая инфраструктура может быть представлена как своеобразная мегасистема массового обслуживания [1]. Тогда вполне оправданным будет применение аппарата эволюционного моделирования [5,6] для моделирования процессов использования по назначению КИ на протяжении всего их жизненного цикла.

Использование же комплексного подхода для выявления причинно-следственных связей между элементами инфраструктуры и состояниями, в которых они могут находиться, свидетельствуют о целесообразности введения понятия «мегасостояние КИ».

Терминология. Критические инфраструктуры представляют собой структурные образования искусственного происхождения, которые функционируют синергично при решении задач использования по назначению или при производстве жизненно необходимых обществу товаров и услуг (электро- и водоснабжение, здравоохранение, телекоммуникации, железнодорожный транспорт и др.). Они являются объектами многосторонних опасностей и угроз (техногенных, физических, природных, информационных, связанных с выполняемой деятельностью) с производным риском для функционирования.

Критические инфраструктуры являются высокодинамичными и комплексными системами. Они воспринимаются как «системы, составленные из систем». Негативные последствия реализации существующих опасностей и угроз часто приобретают эффект каскадного характера. Поэтому КИ не имеют одноличного хозяина (оператора), единых регуляторных инструментов, но имеют разные целевые направления, их функционирование определено разными, часто противоположными нормами и принципами [4].

В общем виде КИ могут быть построены по схеме (рисунок 1) «потребитель (П) – система управления (СУ) – система поддержки принятия решения (СППР) – объекты управления (ОУ)». В качестве (ОУ) выступает СТС из состава КИ. Система управления КИ включает в свой состав две вспомогательные подсистемы: систему управления использованием по назначению (СУ ИН) и систему управления готовностью по мегасостоянию (СУГ МГС).

Структурная иерархия в такой схеме определяется принципами самоорганизации с учетом динамичного реагирования как на внешние воздействия (R-фактор), так и на процессы, характеризующие внутрисистемные (инфраструктурные) изменения. Для этого еще на ранних этапах жизненного цикла (этапы НИР, разработки) системы из состава инфраструктуры проектируются с учетом их эволюции и адаптации к изменяющимся условиям использования по назначению.

Динамику развития КИ можно учитывать при программировании жизненного цикла, используя результаты эволюционного моделирования. В [6,7] изложены методологические основы эволюционного моделирования, которыми следует руководствоваться на различных этапах жизненного цикла.

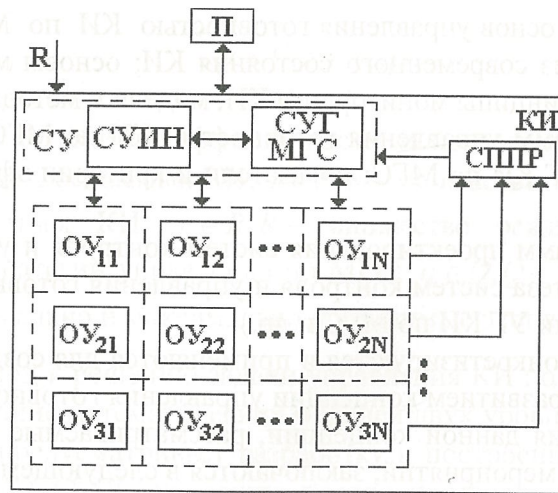


Рисунок 1 – Общая схема построения КИ

Рост сложности и масштабов решаемых задач с использованием КИ свидетельствует о необходимости управлять их функциональной готовностью к использованию по назначению.

Поддерживать требуемый уровень функциональной готовности предлагается путем реализации соответствующих стратегий управления готовностью КИ по МГС. Дадим определение мегасостоянию и стратегии управления готовностью КИ.

Под мегасостоянием КИ будем подразумевать вектор-функцию состояний вида:

$$MS = F(L, S, R, Q), \quad (1)$$

где $L = \{L_i\}_{i=1}^n$ – множество задач, решаемых КИ; $S = \{S_w\}_{w=1}^k$ – множество технических состояний, в которых может находиться КИ; $R = \{R_d\}_{d=1}^g$ – множество режимов эксплуатации КИ; $U = \{U_l\}_{l=1}^e$ – множество стратегий управления по МГС; $Q = \{Q_j\}_{j=1}^m$ – множество структур КИ (с учетом вариантов реформирования (реструктуризации), доработок, модернизаций и т.д.).

Для КИ, изначально созданной как эволюционирующее образование, справедливо $T_{ж.ц}^{стс} \subseteq T_{ж.ц}^{ки}$, где $T_{ж.ц}^{ки}, T_{ж.ц}^{стс} = \{T_i^{стс}\}_i^N$, $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ – продолжительность жизненного цикла КИ и СТС (из состава КИ), соответственно. Если же КИ создана на базе уже существующих СТС (например, в результате реформирования и т.п.), то $T_{ж.ц}^{ки} = \max T_{ж.ц}^{стс}$.

Поддержание КИ в готовности к использованию по назначению осуществляется в соответствии с выбранной стратегией U . В свою очередь, стратегией управления готовностью U будем называть систему правил принятия решения на использование инфраструктуры по назначению в фиксированные моменты времени t_i , где $i = \overline{1, v}$, $t_i \in T$, $T \leq T_{ж.ц}^{ки}$, с учетом ее технического состояния, режимов эксплуатации, важности решаемых задач и структурного построения, т.е. с учетом ее мегасостояния (МГС).

По степени централизации различают стратегии:

- с централизованным управлением $U_{цп}$ готовностью (УГ) КИ;
- с децентрализованным управлением $U_{дцп}$ готовностью КИ.

Особенности назначения каждой из стратегий определяются научно-техническими аспектами обеспечения эффективного и безопасного использования КИ по назначению.

Научно-технические аспекты. Вышеизложенное свидетельствует о возникновении важной научно-технической сферы [2], в которой объединяются следующие методологические проблемы:

– развитие научных основ управления готовностью КИ по МГС (оценка вызовов в современном мире; анализ современного состояния КИ; основы методологии построения КИ (system of systems); принципы мониторинга КИ; модели и методы УГ КИ по МГС и др.);

– разработка программ управления готовностью КИ по МГС (модели, методы контроля (мониторинга) и УГ КИ по МГС; показатели и критерии эффективности УГ КИ по МГС и др.);

– разработка программ проектирования систем контроля и управления готовностью КИ по МГС (методы синтеза систем контроля и управления готовностью КИ по МГС; информационные технологии УГ КИ по МГС и др.).

Указанные задачи конкретизируются и применяются для создания информационных технологий, связанных с развитием концепции управления готовностью КИ по МГС.

Основные положения данной концепции, рассматриваемые как совокупность организационно-технических мероприятий, заключаются в следующем:

1. Критические инфраструктуры (system of systems) состоят из совокупности М сложных технических систем. Инфраструктура в целом и ее составные части рассматриваются как эволюционирующие системы.

2. Возможность эффективного использования инфраструктуры по назначению определяется результатами управления ее готовностью по МГС.

3. Управление готовностью КИ к использованию по назначению осуществляется в соответствии с выбранной стратегией U . Различают стратегии с централизованным ($U_{ц}$) и децентрализованным ($U_{дц}$) управлением по МГС.

4. При централизованном управлении (стратегия $U_{ц}$) вышестоящий координирующий орган в полном объеме осуществляет управление техническим состоянием СТС из состава КИ. Например, с помощью системы управления готовностью по МГС назначаются время и объем проведения технического обслуживания (и/или ремонта) (ТО и Р), при этом используются результаты динамического мониторинга параметров эксплуатируемого оборудования.

5. При децентрализованном управлении (стратегия $U_{дц}$) часть функций управления по состоянию СТС из состава КИ на интервалах между ТО и Р передается от вышестоящего координирующего органа (например, СУГ МГС) нижестоящему органу (СУС). Например, на интервалах между ТО и Р в случае необходимости проводится регулировка параметров по результатам контроля технического состояния и т.д.

6. Управление готовностью КИ по МГС осуществляется при непрерывном мониторинге технического состояния СТС из состава инфраструктуры в соответствии с выбранным критерием эффективности использования по назначению.

7. Периодичность контроля технического состояния СТС изменяется только с решения СУГ МГС с использованием данных мониторинга.

8. Основной целью подготовки обслуживающего персонала является обеспечение эффективного использования по назначению и управления КИ по мегасостоянию. Направленность подготовки избирается таким образом, чтобы максимально исключить отрицательное влияние «человеческого фактора».

С учетом изложенных положений строится опорная модель, основу которой составляет оптимизационный критерий «стоимость-эффективность». В математической форме выражение для предложенного критерия может быть записано следующим образом:

$$\xi = \begin{cases} \max_{\psi} E(MS), \\ C_{\min_{mp}} \leq C_{mp} \leq C_{\max_{mp}}, \end{cases} \quad (2)$$

$$\psi = \{l, s, r, u, q\},$$

где E – обобщенный показатель эффективности использования по назначению КИ; $l \in L, L$ – множество задач, решаемых КИ; $s \in S, S$ – множество технических состояний, в которых может находиться КИ; $r \in R, R$ – множество режимов эксплуатации КИ; $u \in U, U$ – множество стратегий управления по МГС; $q \in Q, Q$ – множество структур КИ; $C_{\min_{mp}}, C_{\max_{mp}}$ – минимально и максимально допустимые эксплуатационные расходы.

Комплексный подход к решению задачи управления КИ по техническому МГС предусматривает использование математических моделей двух уровней.

Первый уровень предусматривает разработку и построение макромоделей, описываемых соотношениями (1), (2). К сожалению, построить модель согласно выражения (1) и решить оптимизационную задачу в соответствии с критерием (2) достаточно сложно. Поэтому предлагается формализовать решение задачи, перейдя ко второму уровню моделирования, а именно, – к построению микромоделей.

На **втором уровне** разрабатываются микромодели изделий и СТС критического применения, которые входят в состав КИ. Для данного варианта моделирования в качестве опорных предлагается использовать полумарковские модели. В этом случае оценка уровня надежности с последующим определением значения показателя функциональной безопасности может быть выполнена путем расчета значений нестационарных коэффициентов готовности (НКГ) и оперативной готовности (НКОГ). При этом в качестве базовых рекомендуется использовать математические модели двух типов:

1. Модели оценки НКГ (микромодели первого типа) – для СТС (инфраструктур) постоянной готовности.
2. Модель оценки НКОГ (микромодели второго типа) – для СТС (инфраструктур), которые определенный период времени могут находиться в режиме ожидания использования по назначению.

Микромодели первого типа целесообразно использовать для оценки НКГ СТС с автономной системой контроля технического состояния (КТС) (и обязательном автономном электропитании), работающей в режиме мониторинга. Примером реализации такой КТС является система виброконтроля турбогенератора ГЭС.

В данном случае **мониторинговый режим** рассматривается как форма организации непрерывного контроля (виброконтроля) соответствующих жизненно важных параметров, определяющих не только работоспособность СТС, но и влияющих на готовность инфраструктуры к эффективному использованию по назначению в соответствии с (2). Причем, в результате мониторинга обеспечивается поступление информации с установленной периодичностью (т.е. через небольшие промежутки времени) на видеосегменты системы управления техническим состоянием.

Без преувеличения, можно отметить, что для аналогов подобных инфраструктур (энергетическая система, морские подвижные объекты и т.д.) наиболее критичными являются скрытые отказы механических узлов или подсистем составных частей (СТС) инфраструктуры. Исходя из этого, построим полумарковскую модель КТС объекта мониторинга и выполним оценку НКГ. Под объектом мониторинга будем подразумевать СТС.

Рассмотрим пример функционирования КТС с накоплением повреждений механической составляющей СТС (инфраструктуры), которые приводят к скрытым отказам. Граф состояний для данного примера представлен на рисунке 2.

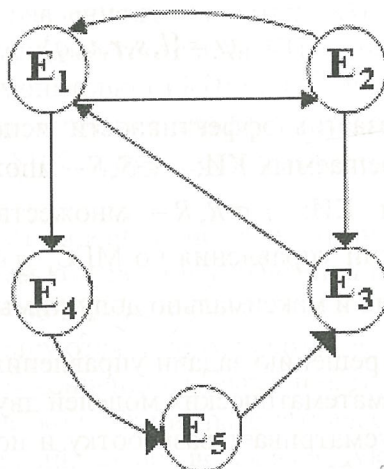


Рисунок 2 – Граф состояний полумарковской модели КТС объекта мониторинга

Предположим, что СТС эксплуатируется в течение интервала времени продолжительностью t . Будем полагать, что в начальный момент эксплуатации на работоспособной и готовой к применению СТС (состояние E_1) проводятся периодические проверки технического состояния (т.е. КТС) (E_2) продолжительностью τ_k . Переход из состояния E_1 в E_2 происходит за фиксированное неслучайное время τ_k . В ходе КТС в случайные моменты времени, распределенные по экспоненциальному закону, могут возникать внезапные и ложные отказы. После их возникновения производится восстановление работоспособности СТС (состояние E_3), которое длится случайное время τ_θ , распределенное по закону Эрланга, после чего СТС переходит в состояние E_1 . Состояние E_3 соответствует восстановлению РС объекта мониторинга после внезапного отказа и выявления скрытого отказа.

В ходе дальнейшей эксплуатации в случайные моменты времени, соответствующие гамма-распределению с параметрами (α, η) , где $\alpha = 2$, $\eta = \lambda_4 = 1 \text{ ч}^{-1}$, возникают скрытые отказы, при которых СТС переходит в неработоспособное состояние E_4 , соответствующее состоянию скрытого отказа. При этом будем считать что скрытые отказы возникают только при накоплении некоторого числа повреждений r механической составляющей СТС. Предположим, что последовательность событий «повреждение-скрытый отказ-восстановление» по результатам КТС развивается следующим образом:

- 1) на $k-1$ интервале контроля возникает $r-1$ необнаруженное повреждение;
- 2) на k -ом «шаге» контроля возникает r -ое повреждение, трансформирующееся в скрытый отказ;
- 3) на $k+1$ интервале контроля отказ вскрывается достоверно и СТС переводится в состояние E_3 .

В соответствии с методикой, изложенной в [8], соотношения для расчета НКГ можно представить в следующей форме:

$$K_2(t) = \frac{\bar{t}_1}{Q}, \quad (3)$$

$$\bar{t}_1 = \frac{2 - \lambda_4 t P_3 - 2 P_3}{\lambda_4}, \quad (4)$$

$$Q = \bar{t}_1 + \frac{\alpha P_3}{\gamma} (1 - P_{\text{кмс}}) + \tau_\theta (1 - P_{\text{кмс}} P_3) + (1 - \alpha P_3) \beta, \quad (5)$$

$$\beta = \frac{2P_3 + (1 - \alpha)(1 + P_3) - 2}{\lambda_4(1 - P_{кмс}(1 - \alpha) - P_3)} + \tau_k, \quad (6)$$

$$\alpha = 1 - \lambda_4 t, \quad \tau_6 = \frac{2}{\lambda_1}, \quad \gamma = \lambda_2 + \lambda_3, \quad (7)$$

$$P_3 = e^{-\lambda_4 t}, \quad P_{кмс} = e^{-\gamma \tau_k}, \quad (8)$$

где λ_1 – интенсивность восстановления (параметр распределения Эрланга); λ_2 – интенсивность внезапных отказов; λ_3 – интенсивность ложных отказов.

На рисунке 3 представлен график зависимости $K_z(t, \lambda)$ для модели, описываемой соотношениями (3),..., (8). Результат в наглядной форме получен для следующих исходных данных: интенсивность скрытых отказов, возникающих за счет накопления механических повреждений СТС из состава инфраструктуры, $\lambda_4 = 1 \text{ ч}^{-1}$; интенсивность внезапных и ложных отказов СТС $10^{-4} \leq \gamma \leq 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$; интенсивность восстановления работоспособности различных составляющих СТС $\mu = \lambda_1 = 1 \text{ ч}^{-1}$; продолжительности интервалов КТС в режиме мониторинга $\tau_k = 6 \text{ мин}$.

В таблице 1 для модели первого типа (среднее время восстановления составляет $T_6 = 30 \text{ ч}$) приведены результаты оценки НКГ, полученные для исходных данных, указанных выше. Оценки НКГ получены с учетом внезапных и скрытых отказов. Накопление имеющих место механических повреждений приводит к возникновению скрытых отказов.

При снижении значений интенсивности скрытых отказов существенно повышается величина НКГ и продолжительность эксплуатации.

Микромодели второго типа целесообразно использовать для оценки НКОГ СТС, работающей в режиме ожидания использования по назначению. В этом случае предлагается использовать [9] следующие расчетные соотношения:

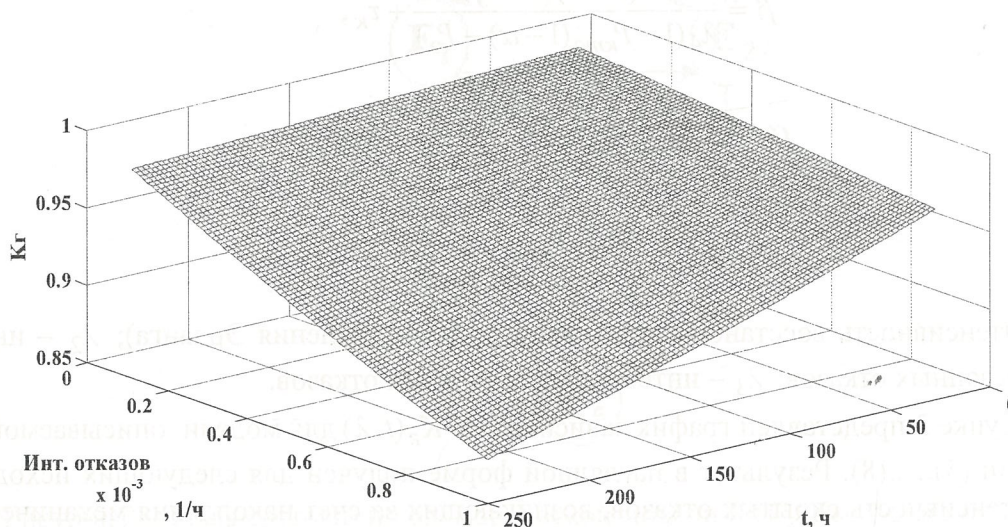
$$K_{o.z}(t) = [P_{pc}(t)K_z(t_{ож}) + P_{nrc}(t)K_z(t_{ож})]P(\tau), \quad (9)$$

$$P(\tau) = e^{-\Lambda \tau}, \quad (10)$$

где $P_{pc}(t)$ – вероятность того, что СТС находится в работоспособном состоянии E_1 ; $P_{nrc}(t)$ – вероятность того, что СТС находится в неработоспособном состоянии E_3 ;

$K_z(t_{ож})$, $K_z(t_{ож})$ – значения нестационарных коэффициентов готовности СТС в момент времени $t_{ож}$ окончания интервала ожидания при условии, что в момент начала интервала ожидания СТС была работоспособной с вероятностью $P_1(t)$ или неработоспособной с вероятностью $P_3(t)$; $P(\tau)$ – вероятность безотказной работы СТС на интервале эксплуатации $\tau \in [t_{ож}; t_{ож} + \Delta t_p]$; t_p – продолжительность использования изделия по назначению;

$\Lambda = \sum_{i=1}^l \lambda_i$ – суммарная интенсивность отказов на интервале использования СТС по назначению.

Рисунок 3 – График зависимости $K_g(t, \lambda)$

Выполненные исследования (таблица 1) и анализ полученных расчетных данных свидетельствуют, что при постоянных значениях интенсивностей восстановления и скрытых отказов значительный прирост значений НКГ обеспечивается не столько за счет уменьшения продолжительности КТС (в 5 – 10 раз), сколько за счет уменьшения продолжительности эксплуатации СТС (в 6 раз).

Таблица 1 – Оценки нестационарного КГ для микромоделей первого типа

№	Величина τ_k , ч	Продолжительность эксплуатации СТС, месяцев		
		6	3	1
1.	10	$\frac{0,97}{0,31}$	$\frac{0,98}{0,47}$	$\frac{0,99}{0,725}$
2.	2	$\frac{0,97}{0,31}$	$\frac{0,985}{0,47}$	$\frac{0,99}{0,727}$
3.	0,1	$\frac{0,973}{0,31}$	$\frac{0,985}{0,47}$	$\frac{0,99}{0,728}$

Заключение. Использование комплексного подхода предоставляет широкие возможности в решении задач обеспечения эффективного и безопасного использования по назначению критических инфраструктур. Перспективным в этом смысле направлением, затрагивающим, как терминологические, так и научно-технические аспекты, является управление готовностью инфраструктур по мегасостоянию.

Таким образом, можно утверждать, что именно реализация стратегий централизованного (децентрализованного) управления критическими инфраструктурами по техническому мегасостоянию, позволит поддерживать требуемый уровень их надежности и функциональной безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харченко В.С. Гарантоздатні системи та багатoversійні обчислення: аспекти еволюції // Радіoeлектронні і комп'ютерні системи. – №7(41).– Харків: ХАІ, 2009. – С. 46–59.

2. Харченко В.С. ИТ-инженерия безопасности: вызовы и решения // Материалы международной научно-практической конференции «ИНФОТЕХ-2009» (Севастополь, 7-12 сентября, 2009 г.). – Севастополь: Сев.НТУ, 2009. – С. 264–269.
3. U.S.-Canada Power System Outage Task Force: Final Report on the August, 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations, April 2004. – 228 p.
4. Белов П.Г. Методологические основы обеспечения транспортной безопасности // Транспортная безопасность и технологии. – №3, Москва: МИИТ, 2006. – С. 26–32.
5. Снитюк В.Є. Еволюційна парадигма проектування технічних систем / В.Є. Снитюк, А.А. Тимченко, С.В. Стась // Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту. – 2001. – №4. – С.104–108.
6. Снитюк В.Е. Эволюционное моделирование и программирование жизненного цикла технических систем в детерминированных условиях / В.Е. Снитюк // Искусственный интеллект. – 2006. – №4. – С. 10–15.
7. Снитюк В.Е. Аспекты эволюционного моделирования в задачах оптимизации / В.Е. Снитюк // Искусственный интеллект. – 2005. – №4. – С. 284–291
8. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов / Л.И. Волков. – М.: Высшая школа, 1981. – 368 с.

УДК 539.1.074

М.Є. Сапожніков, д.т.н., професор,

Д.В. Мойсєєв, аспірант

Севастопольський національний університет ядерної енергії і промисловості,
вул. Курчатова, 3, м. Севастополь, 99033

ПОБУДОВА ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ АНАЛОГ – ІМОВІРНІСТЬ

При використанні імовірнісних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), інформаційними параметрами сигналу можуть бути амплітуда напруги або струму, кількість імпульсів в одиницю часу, двійковий позиційний код, частота або фаза сигналу.

У ймовірнісних ІВС, які зараз інтенсивно розвиваються, виникає необхідність в перетворенні частоти, напруга і фази у ймовірність.

Рис. 4, бібл. 4.

При використанні ймовірнісних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), інформаційними параметрами сигналу можуть бути амплітуда напруги або струму, кількість імпульсів в одиницю часу, двійковий позиційний код, частота або фаза сигналу.

Для обробки даних параметрів в ймовірнісних ІВС у всіх випадках необхідне попереднє перетворення вказаних параметрів в ймовірнісне відображення.

Добре знайомим на сьогоднішній день є надання інформації у вигляді двійкових позиційних паралельних або послідовних кодів.

Набагато менш відомою є дискретна форма надання інформації у вигляді ймовірнісних відображень. Перетворення сигналу з будь-якої форми в ту, що розглядається, засновано на заміні значення вимірюваного параметра сигналу відповідною йому ймовірністю.

Поставлення завдання

У ймовірнісних ІВС в цілях подальшої обробки початкового сигналу необхідно провести перетворення "аналог-імовірність".

Принцип дії найбільш поширених перетворювачів частота-код заснований на зіставленні сумарного часу проходження N_x імпульсів, які формуються поодиноці на кожен період невідомої частоти f_x , з відомим проміжком часу Δt_0 [1].