

Таким образом, на основе моделирования аварийной ситуации, вызванной разрушением несущих элементов разъемного соединения крышки гидроагрегата, определены количественные показатели живучести на базе вероятностного и детерминированного подходов. Индексы живучести, характеризующие устойчивость конструкции к локальным повреждениям и катастрофическому разрушению, могут быть использованы при проектировании конструкций технических систем, а также для разработки технических мероприятий, направленных на повышение безопасности.

#### Библиографические ссылки

1. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 2002.

2. Махутов Н. А., Петров В. П., Резников Д. О. Оценка живучести сложных технических систем // Пробл. безопасности и чрезвычайных ситуаций : науч. информ. сб. 2009. № 3. С. 47–66.

3. Baker J. W., Schubert M., Faber M.H. On the assessment of robustness // J. Structural Safety 2007. Vol. 30. P. 253–267.

4. Robust design – A concept for imperfection insensitive composite structures / M. C. W. Lee, Z. Mikulik, D. W. Kelly et al. // Composite Structures. 2010. Vol. 92. P. 1469–1477.

5. Starossek U., Haberland M. Approaches to measures of structural robustness // Structure and Infrastructure Engineering. 2011. Vol. 7. P. 625–631.

6. Sorensen J. D. Framework for robustness assessment of timber structures // Engineering Structures. 2011. Vol. 33(11). P. 3087–3092.

7. Назаров Ю. П., Городецкий А. С., Симбиркин В. Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 4. С. 5–9.

8. Махутов Н. А., Москвичев В. В., Лепихин А. М. Оценка ресурса резьбовых соединений крепления крышки гидротурбины // Пробл. безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2011. № 4. С. 33–39.

A. E. Burov

#### ASSESSMENT OF TENACITY OF HYDRO-TURBINE LID FIXTURE IN A CASE OF EMERGENCY

*The author considers the existing approaches to quantitative assessment of technical system structures. The results analysis of tenacity of detachable connection of hydro-turbine lid in a case of emergency, at progressive failure of load-carrying elements, are presented. The indexes of tenacity versus the number of failed elements are defined, on the basis of stress-strain state modeling.*

*Keywords: detachable connection, stress-strain state, failure, robustness.*

© Буров А. Е., 2012

УДК 621.396.96.001(07)

Е. Л. Вайтекунене

#### МОДЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ МУЛЬТИВЕРСИОННОМ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО РЕСУРСАМ

*Рассматривается модель использования ресурсов при мультиверсионном формировании программно-информационных технологий для распределенных систем с учетом ресурсной базы и ограничений на время выполнения.*

*Ключевые слова: мультиверсионный программный комплекс (МПК), вектор конфигурации МПК.*

На современном этапе развития вычислительной техники и широкого применения систем управления и обработки данных в ключевых областях большое значение придается надежности программного обеспечения (ПО). Одним из самых распространенных подходов к реализации программной отказоустойчивости является методология избыточности. Методология мультиверсионного программирования, как один из

подходов к реализации идеи введения избыточности в структуру системы программного обеспечения, на практике доказала свою эффективность. С использованием данной методологии были реализованы программные комплексы систем управления летательными аппаратами, атомными электростанциями и т. п. Однако такой метод ведет к увеличению стоимости системы, в которой он применяется.

Рациональное структурное построение программных комплексов гарантирует достаточно полное использование ресурсов ЭВМ. А технологические особенности проектирования программно-информационных технологий (ПИТ) для распределенных структур, дополняя проблему структурного программного и информационного проектирования, выводят ее в разряд общих проблем разработки автоматизированных систем проектирования сложных программно-информационных комплексов.

Проблеме формирования программных комплексов, проектируемых на основе принципов программной избыточности, в настоящее время уделяется значительное внимание. Проблематика проектирования программных комплексов с использованием методологии мультиверсионного программирования рассматривалась в работах А. Авижиениса, Н. Ашрафи, О. Бермана, М. Катлер, Дж. Ву, К. Яо, Р. К. Скотта, Д. МакАллистера, К. Е. Гросспитча и многих других. Разрабатываются новые методы оптимизации версионного состава программного комплекса, новые системы формирования структуры программного комплекса, но до сих пор недостаточное внимание уделяется созданию методов и систем формирования структуры мультиверсионного программного комплекса с учетом временных и ресурсных ограничений.

Таким образом, высокая сложность и практическая значимость задачи проектирования высоконадежных программно-информационных комплексов с гарантированной доступностью ресурсов и дефицит методического материала по данной задаче обусловили работу в данном направлении.

Представлена разработка модельного и алгоритмического обеспечения мультиверсионного формирования программно-информационных технологий с гарантированной доступностью ресурсов для распределенных систем, реализуемого в виде системы компьютерной поддержки.

Поставленная цель достигается путем решения следующих задач:

- анализа методов обеспечения отказоустойчивости и доступности ресурсов ПИТ для распределенных систем;
- исследования адекватности ПИТ условиям и требованиям работоспособности;
- формального описания постановок оптимизационных задач мультиверсионного формирования ПИТ с гарантированной доступностью ресурсов;
- алгоритмизации процедур решения мультиверсионных моделей формирования ПИТ в интерактивном режиме;
- программной реализации и внедрения разработанной системы в практику инженерного проектирования ПИТ для космической отрасли.

Методам увеличения надежности аппаратных компонентов традиционно уделяется большое внимание, причем для распределенных ПИТ в распределенных системах, как правило, применяются два способа повышения надежности и доступности ресурсов: увеличение индивидуальной надежности серверов и

улучшение общесистемной отказоустойчивости. Программно-информационная технология позволяет реализовать применение мультиверсионных методов и может существенно повысить общую надежность системы, собранной в том числе и из недостаточно надежных программных компонентов, на повышение надежности которых в первую очередь и направлена мультиверсионная методология.

Подразумевается, что для каждого компонента мультиверсионного программного комплекса (МПК) уже имеется набор независимых версий, и, кроме того, по каждой версии известны стоимость и оценка надежности. Если для какого-либо программного модуля мультиверсионность не требуется, то набор версий этого модуля должен состоять из одного элемента. Следует отметить, что количество версий, равное двум, нецелесообразно, так как задача выбора правильного решения из двух вариантов не имеет решения или решение является очень трудоемким процессом. В связи с этим принимается, что для мультиверсионного модуля набор версий должен состоять как минимум из трех элементов.

Основной задачей при мультиверсионном формировании ПИТ является построение модели формирования версионного состава МПК. Таким образом, основным выходным параметром предлагаемого далее алгоритма должен быть вектор конфигурации МПК с учетом использования временных и ресурсных ограничений модели.

Ресурсные ограничения заключаются в том, что любой компонент ПИТ использует аппаратные средства (процессоры, модули памяти, шины данных и т. д.) и различного рода источники данных (базы данных и файлы)

В данной работе ресурсы разделены на три группы:

- активные ресурсы – ресурсы, обладающие вычислительными возможностями (процессоры, сопроцессоры, контроллеры и т. п.);
- пассивные ресурсы – ресурсы для хранения информации (оперативная память, кэш-память, жесткие носители и т. п.);
- транспортные ресурсы – ресурсы транспортировки данных (всевозможные шины данных).

Для каждого ресурса определяется его относительный объем, а для каждой версии в таком случае необходимо задать востребованность (вернее, используемость) ресурсов. Это означает, что в качестве входных параметров алгоритма необходимо задать базу ресурсов, на которой предполагается выполнение МПК, и используемость ресурсов версиями в процессе выполнения МПК. Иными словами, кроме стоимости и оценки надежности для каждой версии необходимо знать то, какие ресурсы использует данная версия, какой объем каждого ресурса потребляет и в течение какого времени длится это использование (востребованность и используемость).

Предполагается, что по мере выполнения версии объем использования активных и пассивных ресурсов не меняется.

В рамках алгоритмических процедур мультиверсионного формирования программно-информационных технологий определены структуры входных и выходных данных.

В качестве входных параметров алгоритма рассматривается база ресурсов, включающая тип ресурса и относительный объем ресурса. Имеется двухуровневая структура МПК со следующими показателями: объемы входных и выходных параметров, ресурсы хранения параметров, ресурсы транспортировки параметров. База версий для каждого модуля обладает следующими характеристиками для каждой версии: оценкой надежности; стоимостью; объемами и временем использования ресурсов, где время использования ресурсов есть время выполнения версии. Кроме того, в качестве входных параметров используются ограничения на бюджет МПК и ограничения на время выполнения МПК.

В качестве выходных параметров алгоритмических процедур рассматривается вектор конфигурации МПК, вектор временной развертки МПК и вектор временной развертки для каждого ресурса.

Оптимизацию вектора конфигурации можно проводить различными методами, но целью работы является учет временных и ресурсных ограничений при формировании мультиверсионного ПО, поэтому первостепенное значение приобретает использование именно этих ограничений при оптимизации, а не разработка новых методов. В рамках практического применения системы мультиверсионного формирования ПИТ вектор конфигурации выбирается либо методом полного перебора, либо с использованием модификаций алгоритма случайного поиска с адаптацией.

Таким образом, в работе предложена новая модель использования ресурсов при мультиверсионном формировании программно-информационных технологий для распределенных систем, позволяющая построить комплекс алгоритмических процедур формирования версионного состава МПК с учетом ресурсной базы и ограничений на время выполнения.

В развитие парадигмы мультиверсионного программирования и с учетом задач мультиверсионного формирования ПИТ предложены и формализованы новые понятия, такие как вектор конфигурации, ресурсный вектор временной развертки и вектор следования (для указания приоритетности исполнения мультиверсионных модулей), обеспечивающие алгоритмизацию задач мультиверсионного формирования программно-информационных технологий. Разработаны алгоритмы формирования, анализа и коррекции указанных векторов.

Особенностью низкоорбитальных космических систем связи (НКСС) являются периодически изменяющиеся условия связности элементов системы из-за постоянного изменения положения спутника-ретранслятора относительно наземных стационарных и подвижных терминалов. Многие характеристики связи при этом зависят от параметров орбитальной группировки (числа плоскостей, количества спутников в каждой плоскости и др.), в том числе такие, как

время ожидания связи и время доставки. Поэтому среди функций, поддерживаемых серверами наземной группировки, должна быть такая, которая предоставляет возможность буферизации сообщений для дальнейшей их передачи без потери качества информации.

При формировании программно-информационных технологий для распределенных систем НКСС рассматривается системотехническое решение на базе СУБД MySQL.

При создании распределенной системы использована сетевая модель реализации вычислительного комплекса, при которой основная функциональность решения обеспечивается центральными серверами.

Предложенные в данной работе модели и алгоритмы формирования мультиверсионных структур ПИТ, а также методы поиска оптимального версионного состава МПК реализованы в программной системе поддержки, получившей название «Система формирования мультиверсионного программного обеспечения» (СФМПО).

В программном комплексе СФМПО реализованы следующие функции:

- описание структуры программного комплекса в удобной графической форме;
- описание ресурсной базы МПК во время построения его структуры;
- ведение общей базы ресурсов, что упрощает использование нескольких одинаковых ресурсов для выполнения одного МПК;
- ведение базы доступных версий для каждого модуля;
- ведение базы структур МПК;
- проверка правильности задания ресурсной базы;
- установка стоимостного и временного ограничения для конкретного МПК;
- выбор оптимального вектора конфигурации МПК с использованием метода полного перебора;
- удобное представление результатов пользователю.

Для тестирования и проверки вышеприведенных алгоритмов была разработана программа DBaseOPTIM оптимизации быстродействия MySQL.

Научная новизна данной работы состоит в следующем.

1. Впервые показано, что использование мультиверсионного метода формирования программно-информационных технологий для распределенных систем обеспечивает как достижение адекватного уровня отказоустойчивости для критичных приложений, так и повышения надежности функционирования всей распределенной программно-информационной среды.

2. Разработана новая модель использования ресурсов при мультиверсионном формировании ПИТ для распределенных систем.

3. Введена форма вектора временной развертки для мультиверсионного программного комплекса, учитывающая занятость ресурсов, что обеспечивает оценку эффективности использования ресурсов про-

граммным комплексом для любого версионного состава.

4. Предложен и программно реализован алгоритм мультиверсионного формирования программно-информационных технологий с гарантированной доступностью ресурсов.

#### Библиографические ссылки

1. Антамошкин А. Н., Ковалев И. В. Определение оптимальной структуры мультиверсионного программного обеспечения при ограничениях по времени

и стоимости // Вестник Сиб. аэрокосмич. акад. 2000. Вып. 1. С. 111–124.

2. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем / Б. Г. Волик и др. ; под ред. Б. Г. Волика. М. : Энергоатомиздат, 1988.

3. Ковалев И. В. Система мультиверсионного формирования программного обеспечения управления космическими аппаратами : дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 1997.

4. Лебедев В. А., Трохов Н. Н., Царев Р. Ю. Параллельные процессы обработки информации в управляющих системах / НИИ СУВПТ. Красноярск, 2001.

E. L. Vaytekunene

### MODEL OF RECOURSES USAGE AT MULTIVERSION FORMATION OF PROGRAM-INFORMATION TECHNOLOGIES FOR DISTRIBUTED SYSTEMS WITH THE RECOURSES RESTRICTION

*The paper considers the model of recourses usage at multi-version formation of program-information technologies for distributed systems with the account of recourses base and limitations at the time of implementation.*

*Keywords: multi-version program complex (MPC), configuration vector of MPC.*

© Вайтекунене Е. Л., 2012

УДК 512.54-512.55

А. П. Елисова

### ЛОКАЛЬНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И АВТОМОРФИЗМЫ НИЛЬПОТЕНТНЫХ АЛГЕБР МАТРИЦ МАЛЫХ ПОРЯДКОВ\*

*Изучаются локальные дифференцирования и локальные автоморфизмы алгебры  $R$  нижних нильтреугольных  $(n \times n)$ -матриц над ассоциативно-коммутативным кольцом с единицей и ассоциированной с  $R$  алгебры Ли. Их описания завершаются при  $n = 3$ , а когда  $K$  – поле, также при  $n = 4$ .*

*Ключевые слова: алгебра нильтреугольных матриц, локальное дифференцирование, локальный автоморфизм.*

Локальным дифференцированием алгебры  $A$  над ассоциативно-коммутативным кольцом  $K$  с единицей называют эндоморфизм  $K$ -модуля  $A$ , действующий на каждый элемент  $\alpha$  из  $A$  как дифференцирование алгебры, вообще говоря зависящее от выбора  $\alpha$ . Тривиальное локальное дифференцирование дает всякое ее дифференцирование  $\delta$  алгебры, т. е. эндоморфизм  $K$ -модуля  $A$  с условием  $\delta(\alpha\beta) = \delta(\alpha)\beta + \alpha\delta(\beta)$  ( $\alpha, \beta \in A$ ). Аналогично определяют локальные автоморфизмы [1; 2].

В 2000 г. R. Crist [3] указал пример нетривиального локального автоморфизма подалгебры  $C(e_{12} + e_{21}) + Ce_{13} + Ce$  в  $M(3, C)$ , где  $e_{ij}$  обозначают, как обычно, матричные единицы соответствующего порядка,  $e$  – единичная матрица. Автоморфизмы

и антиавтоморфизмы полной алгебры  $M(n, C)$  комплексных  $(n \times n)$ -матриц исчерпывают ее локальные автоморфизмы [2]. Локальные автоморфизмы произвольной алгебры  $A$  образуют группу по умножению [4], обозначаемую через  $\text{Laut } A$ .

Локальные дифференцирования алгебры  $A$  образуют подалгебру  $\text{Locder } A$  алгебры  $\text{End}(A^+)$  всех  $K$ -линейных эндоморфизмов аддитивной группы  $A^+$ .

Как показали A. Nowicki и I. Nowosad [5], локальные дифференцирования кольца  $M(n, K)$  всех  $(n \times n)$ -матриц над коммутативным кольцом  $K$  с единицей, а также некоторых ее подколец исчерпываются ее дифференцированиями.

\*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 12-01-00968) и Министерства образования и науки (тема 1.34.11).