

22. *Gabriel'yan D.D., Safar'yan, O.A. Modelirovanie metoda stabilizatsii chastot generatorov [Modeling of a method of stabilization of frequencies of generators], Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM № 2013661291. Zayavka № 2013619498. Data postupleniya 21.10.2013 g. Pravoobladatel': DGTU. Data registratsii 5.12.13 g [Certificate about official registration software for computers No 2013661291 of the Russia Federation. Holder: FGBOU VPO DGTU, Rostov-on-Don (RU). December 5, 2013. Application No 2013619498 from October 21, 2013].*

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор В.Н. Таран.

Енгибарян Ирина Алешаевна – Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ); e-mail: eirina@live.ru; 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Серафимовича, 62; тел.: +79381139045; к.т.н.; доцент.

Кульбикаян Баграт Хачересович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Ростовский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО РГУПС); e-mail: bagrat@rgups.ru; 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового полка Народного Ополчения, 2; тел.: +78632726408, +79618179955; к.ф.-м.н.; доцент; начальник управления информатизации ФГБОУ ВПО РГУПС.

Сафарьян Ольга Александровна – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ); e-mail: safari_2006@mail.ru; 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; тел.: +79185576771; к.т.н.; ассистент.

Engibaryan Irina Aleshaevna – North-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics; e-mail: eirina@live.ru; 62, Serafimovich street, Rostov-on-Don, 344002, Russia; phone: +79381139045; cand. of eng. sc.; associate professor.

Kulbikayan Bagrat Khacheresovich – Rostov State Transport University; e-mail: bagrat@rgups.ru; 2, square of the Rostov Shooting Regiment of the National Militia, Rostov-on-Don, 344038, Russia; phones: +78632726408, +79618179955; cand. of phys.-math. sc.

Safar'yan Ol'ga Alexandrovna – Don State Technical University; e-mail: safari_2006@mail.ru; 1, Gagarina square, Rostov-on-Don, 344000, Russia; phone: +79185576771; cand. of eng. sc.; assistant professor.

УДК 004.62

А.С. Грищенко

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЦЕДУР МАНИПУЛИРОВАНИЯ ДАННЫМИ В СТРУКТУРНО-НЕЗАВИСИМЫХ БАЗАХ ДАННЫХ*

В исследовании проведен обзор работ по оценке производительности существующих процедур манипулирования данными в структурно-независимых базах данных, основной проблемой которых названа их низкая эффективность. Причинами такой низкой производительности можно назвать двухуровневую структуру СХД, преобразование при вводе / выводе данных из горизонтального в вертикальный вид и обратно, а также большее количество производимых операций по вставке. Рассматривается подход к решению проблемы низкой эффективности процедур манипулирования данными в структурно-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-07-04033.

независимых базах данных, основанный на оптимизации, однако его применение является затруднительным в гибких конфигурируемых информационных системах, в связи с чем требуется разработка методологической основы. Для чего целью данного исследования ставится разработка требований для метода, позволяющего строить эффективные процедуры манипулирования данными в структурно-независимых базах данных. Представлена структура процесса построения процедур манипулирования данными в существующих базах данных и произведен обзор существующих методов построения. Сделан вывод о том, что они строятся эмпирически и процесс построения в настоящее время является неоднородным, за счет чего актуальность разработки метода построения процедур манипулирования данными возрастает. Для обеспечения однородности процесса требуется использование одинаковой формы представления для цели, результата и процесса построения процедур в виде действий. Результатом работы являются требования к методу построения процедур манипулирования данными в структурно-независимых базах данных, сформулированные в ходе проведенного исследования.

Структурно-независимая база данных; процедура манипулирования данными; производительность; эффективность; обзор; исследование.

A.S. Grishchenko

RESEARCH OF THE DATA MANIPULATION METHODS CONTRUCTION IN STRUCTURE-INDEPENDENT DATABASES

The paper reviewed the work on assessing the performance of existing data manipulation procedures in structure-independent databases. The main problem of them called the low efficiency of procedures. The reasons for this low performance could be called structure-independent database two-tier structure, converting at data input / output from the horizontal to the vertical view and back, as well as more of the operations of insertion. The paper deals with the reasons affecting their performance. We consider optimization approach to the problem of low efficiency of data manipulation procedures in structure-independent databases but its use makes difficult in a flexible configurable information systems, therefore, requires the development of a methodological basis. The objective of this research is the development of requirements for the method allows building effective data manipulation procedures in structure-independent databases. The structure of the process of creating existing data manipulation procedures in databases is given and an overview of existing creating methods is produced. To ensure uniformity of the process are required the use the identical form of representation for the purpose, the result and process of procedure creating in the form of action. The conclusion is that they are constructed empirically and construction process is inhomogeneous now, whereby the relevance of developing a method for constructing data manipulation procedures increases. The result is requirements for the method of creating existing data manipulation procedures in structure-independent databases that made during the research.

Structure-independent database; data manipulation procedure; performance; efficiency; review; research.

Введение. На сегодняшний день в качестве средств хранения данных в гибких информационных системах (ИС) [1–3], также известных под названием конфигурируемые ИС, широко применяются структурно-независимые базы данных (СНБД). Эти хранилища данных основаны на подходах, базирующихся на модели данных EAV [4–6], и хранилищах данных, ориентированных по столбцам [7–9]. Такие базы данных (БД) позволяют создавать и работать с несколькими предметными областями, динамически изменять пользовательскую структуру данных без каких-либо изменений на физическом уровне, а также хранить гетерогенные данные, в том числе слабоструктурированные и неструктурированные. Основным достоинством СНБД является ее универсальность и возможность применения в условиях, требующих постоянного внесения изменений в базу данных.

У СНБД имеется три ключевых недостатка: 1) сложность обеспечения целостности данных; 2) сложность процедур манипулирования данными; 3) низкое быстродействие процедур манипулирования данными. Указанные проблемы пре-

пятствуют широкому применению и развитию технологий СНБД в конфигурируемых ИС. В данной работе исследование будет посвящено устранению последних двух недостатков, для решения которых требуется разработка метода.

Постановка задачи. Целью данной статьи является разработка требований к методу, позволяющему строить эффективные процедуры манипулирования данными в структурно-независимых базах данных. Под эффективностью будет пониматься достижение производительности процедур манипулирования данными в СНБД уровня производительности процедур в реляционных БД по аналогичным запросам.

Для этого ставятся следующие задачи:

- ◆ оценка производительности существующих процедур манипулирования данными в СНБД;
- ◆ выявление причин, влияющих на их эффективность;
- ◆ исследование и анализ методов построения процедур манипулирования данными в структурно-независимых базах данных.

Оценка производительности процедур манипулирования данными в СНБД. Существует достаточно большое количество произведенных вычислительных экспериментов, в которых говорится о неудовлетворительной производительности процедур манипулирования данными в СНБД.

В работе [10] показано, что зависимость по вставке в СНБД и реляционная БД от времени выполнения растет экспоненциально. Причем СНБД показывает значительно худшие результаты: при вставке 10 000 экземпляров в одну сущность разница между временем выполнением процедур получается более чем в 250 раз, а при связке двух сущностей – в более чем в 600 раз.

В работе [11] выполнен сравнительный анализ по времени выполнения операций над хранимыми объектами для различных моделей данных. В целом можно сделать вывод о том, что СНБД, построенная по Тенцеру [12], при различных типах выборки показывает в 2–5 раз худшие результаты быстройдействия по сравнению с другими БД, построенным по участвующим в эксперименте моделям данных.

Еще один вычислительный эксперимент, представляющий собой сравнение СНБД, основанной на модели данных EAV, и реляционной БД, представлен в работе [13]. Сравниваются выборки по отдельным атрибутам и показано, что производительность процедуры выборки данных по одному атрибуту для СНБД ниже более чем в 40 раз.

Причины, влияющие на производительность процедур манипулирования данными в СНБД. Одним из основных преимуществ СНБД является их гибкая структура, однако она же является главным фактором, негативно сказывающимся на производительности процедур манипулирования данными. Структура существующих СНБД представляет собой два уровня представления данных: «данные» и «метаданные», представленные на рис. 1. Уровень «метаданные» представляет собой пользовательскую структуру данных, которую пользователь может изменять и которая позволяет работать непосредственно с данными. Уровень «данные», представляющий собой неизменяемую структуру СНБД, недоступную пользователю и представленную в виде справочников.

В настоящий момент наиболее распространёнными СНБД являются БД, в которых в качестве физического хранилища (на уровне представления «данные») используются реляционные хранилища данных [12, 14, 15]. Для манипулирования данными используются процедуры, состоящие из набора операторов реляционного языка манипулирования SQL. В такой структуре появляется преобразование вводимых/выводимых данных из вертикального вида (СНБД вида) в привычный пользователю горизонтальный вид (реляционный) и обратно, следовательно, оно также негативно сказывается на производительности процедур. Данное преобразование можно увидеть на рис. 2.

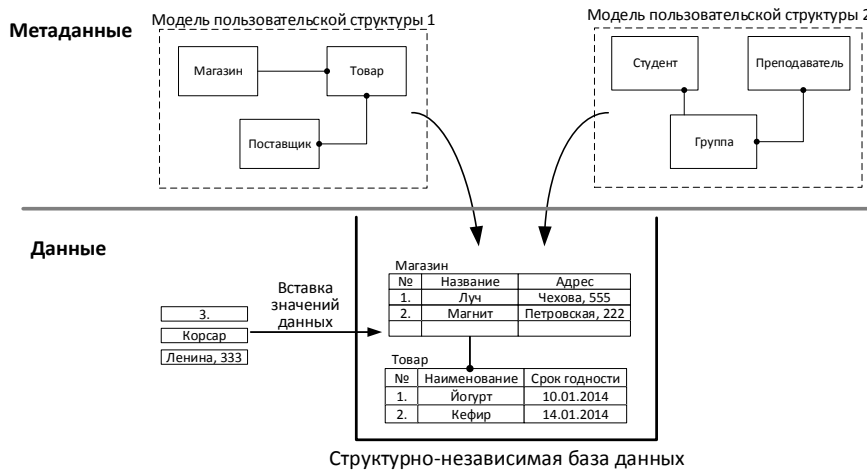


Рис. 1. Разделение уровней представления данных в структурно-независимой базе данных

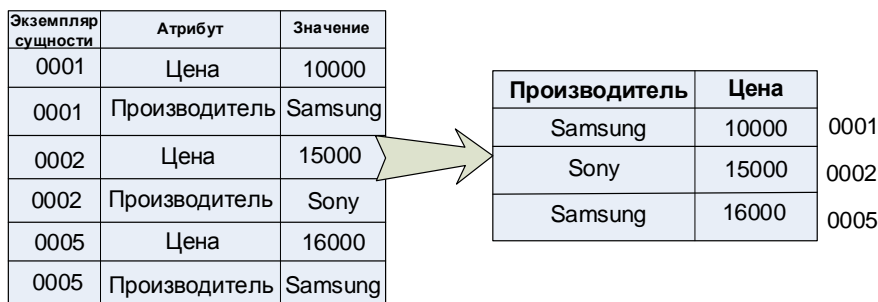


Рис. 2. Преобразование из горизонтального в вертикальный вид в СНБД на основе реляционных технологий

Минимальное количество операторов манипулирования данными в процедуре в СНБД будет больше, чем в классической реляционной. Наглядно это можно увидеть на приведенном ниже примере.

В реляционной БД для вставки одного значения пользователю достаточно настроить один оператор вставки данных INSERT, в котором нужно указать куда и что требуется вставить.

Для вставки одной единицы данных в СНБД требуется построить процедуру, состоящую из набора операторов:

- ◆ по определению ссылок на сущность и атрибут по вносимому значению;
- ◆ созданию нового или поиску существующего экземпляра сущности;
- ◆ обеспечению трех вставок в справочники: записи ссылки на сущность, записи ссылки на атрибут, записи значения из вносимых данных.

Таким образом, для вставки одного значения необходимо произвести минимум три раза больше операций по вставке.

Существующие методы, позволяющие решить проблему производительности. Решение проблем с производительностью возможно следующими способами:

- ◆ оптимизация существующих процедур манипулирования данными;
- ◆ построение эффективных процедур манипулирования данными.

Первый метод описан в работе [16], где основной проблемой СНБД, построенной на основе EAV модели данных и реляционных технологий, названа производительность процедур манипулирования данными. Для повышения производительности процедур предлагается проводить «оптимизационные мероприятия», которые заключаются в повышении скорости запросов к СНБД за счет:

- ◆ создания справочников с двумя индексами по понятию, атрибуту, значению и по атрибуту, значению, понятию;
- ◆ использование модифицированного подхода к построению запросов, уменьшающего количество операций ввода-вывода;
- ◆ возвращение данных в виде вертикальной таблицы;
- ◆ использование алгоритма чтения данных с отдельной выборкой атрибутов.

Авторы приводят удовлетворительные результаты работы такого подхода, производительность процедур в некоторых случаях удается довести до уровня процедур в БД, построенной по классической реляционной технологии. Однако приведенные мероприятия подойдут лишь для конкретной СНБД, построенной определенным образом и использующей реляционные технологии для реализации. В случае использования в конфигурируемых ИС появляется необходимость многократного построения процедур манипулирования данными, что делает применение оптимизации трудоемким процессом.

Таким образом, можно заключить, что оптимизация является очень узконаправленным и трудоемким способом повышения производительности. Необходимо заниматься построением эффективных процедур изначально.

Второй способ, который должен решать проблемы производительности уже на стадии разработки и позволять строить эффективные процедуры, не требующие дополнительных оптимизаций.

Для решения такой задачи технической базы недостаточно и требуется использование методологической основы, с помощью которой можно было бы производить построение производительных процедур манипулирования данными для различных пользовательских структур. Такой процесс можно было бы формализовать и строить эффективные процедуры автоматически.

Необходимо оценить, насколько успешны существующие методы и подходы, используемые для построения процедур манипулирования данными в БД.

Исследование методов построения процедур манипулирования данными.

Исследуем структуру процесса построения процедур манипулирования данными. Она представлена на рис. 3. Под целью понимается построение конкретной процедуры для решения определенной задачи. Примером цели будет служить: «Выбрать 15 самых дорогих йогуртов в магазине Корсар». Результатом этого процесса должен стать программный код процедуры, удовлетворяющий поставленной цели: «SELECT TOP 15 * FROM Товар WHERE Наименование = 'Йогурт' ORDER BY Цена DESC».

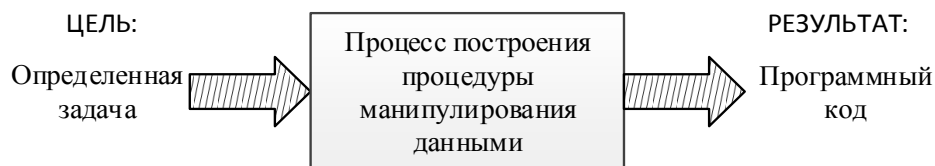


Рис. 3. Структура процесса построения процедур манипулирования данными в БД

На сегодняшний день структура процесса построения процедур является однородной. Обращаясь к цели, взятой в качестве примера, видно, что ее форма представления есть действие. Аналогично в виде действия представлен и код процедуры. Однако существующий процесс оперирует объектами, а не действиями. Можно выделить следующие объекты, которыми оперирует разработчик при построении процедуры выборки данных из реляционной БД: таблицы, из которых будет происходить выборка: столбцы, к которым относятся выбираемые значения, а также параметры. Такое используемое разработчиком представление можно условно назвать «объектным» (не путать с объектно-ориентированным программированием). При переходе от цели к процессу построения и от процесса построения к программному коду возникает семантический разрыв, вследствие чего снижается производительность и возникают ошибки. Для преодоления неоднородности форм представления необходимо устранить такой семантический разрыв, для чего процесс построения процедуры манипулирования данными должен происходить с использованием формы представления, аналогичной цели и программному коду в виде действия [17].

Все существующие известные методы построения процедур манипулирования данными используют объекты. К ним относятся методы по настройке операторов манипулирования данными. Правила настройки операторов закреплены и для каждой СУБД различными авторами создаются пособия с описанием синтаксиса операторов манипулирования данными, например, для PostgreSQL [18] и Microsoft SQL Server [19]. В этих учебниках приводятся авторские примеры или образцы правильного заполнения и работы операторов, а также комбинации операторов в виде примеров процедур для решения нескольких определенных задач. Описано как их использовать и как синтаксически правильно составить оператор. Однако в результате проведенного информационного поиска не удалось найти описание метода, как строить процедуру под конкретную задачу для определенной структуры данных. Это связано с тем, что процесс её построения в настоящее время происходит эмпирически, им занимаются разработчики или администраторы баз данных. Они являются профессионалами, которым хорошо известны правила формирования запросов и операторов. Однако для построения процедуры манипулирования для конкретной задачи два разработчика могут подойти с разных сторон и написать процедуру по своему, причем с разной производительностью процедуры. Не исключен также и человеческий фактор, который предполагает возможность того, что код может содержать ошибки и работать неэффективно.

Требования к методу построения процедур манипулирования данными в СНБД. Для конфигурируемых информационных систем создание новых процедур оперирования данными является неизбежным и регулярно повторяющимся процессом, так как сразу же после изменения структуры с ней появляется необходимость работать. Следовательно, автоматизация такого процесса является залогом успешного применения таких систем. Исходя из проведенного исследования, решение проблемы низкой эффективности процедур манипулирования данными в СНБД нуждается в разработке методологической основы. Сформируем требования к методу построения процедуры манипулирования данными в СНБД:

- 1) производительность создаваемых процедур должна быть сравнима с быстройдействием аналогичных реляционных процедур;
- 2) должна быть обеспечена однородность процесса построения процедур манипулирования данными в СНБД;
- 3) семантические разрывы (преобразования данных из реляционного в СНБД вид и т.п.) при работе процедур должны отсутствовать;
- 4) количество операторов вставок данных в создаваемой процедуре должно быть минимальным;

- 5) создаваемые процедуры манипулирования данными должны сохранять работоспособность в тех случаях, когда динамическая структура пользовательских данных будет меняться. Это требование диктуется использованием СНБД в качестве хранилища данных в конфигурируемых информационных системах.

Вывод. В работе был произведен обзор работ по оценке производительности существующих процедур манипулирования данными в СНБД, которая показала на низкое, по сравнению с аналогичными реляционными процедурами, быстродействие. Причинами такой низкой производительности можно назвать двухуровневую структуру СНБД, преобразование при вводе/выводе данных из горизонтального в вертикальный вид и обратно, а также минимум в три раза большее количество производимых операций по вставке. В качестве пути решения проблем с производительностью процедур манипулирования данными в СНБД выбрано использование метода позволяющего строить эффективные процедуры. Произведя информационный поиск, можно заключить, что существующие методы являются эмпирическими, а существующий процесс построения процедур является неоднородным. Для обеспечения однородности процесса требуется использование одинаковой формы представления для цели, результата и процесса построения процедур – действий.

Дальнейшей работой в данном направлении будет создание метода, отвечающего предъявляемым требованиям и позволяющего, введя лишь цель, в рамках одной СУБД, строить процедуры манипулирования данными к любой пользовательской структуре данных. Такой метод позволил бы формализовать и автоматически строить на его основе эффективные процедуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Дегтярев А.А.* Разработка и исследование метода построения гидроакустических информационных систем на основе конфигурирования функциональности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.25.05.
2. *Magento™ creates huge success with enterprise e-commerce platform & community built on Zend Framework.* <https://www.zend.com/topics/Magento-CS.pdf>.
3. *Microsoft Dynamics.* <http://www.microsoft.com/ru-ru/dynamics/crm.aspx>.
4. *McDonald C.* The Regenstrief Medical Records // MD Computing. – 1982. – No. 5 (5). – P. 34-47.
5. *Nadkarni P.* An Introduction to Entity-Attribute-Value Design for Generic Clinical Study Data Management Systems // Center for Medical Informatics, Yale University Medical School. <http://med.yale.edu/>.
6. *Brandt C., Morse R., Matthews K., Sun K., Deshpande A., Gadagkar R., Cohen D., Miller P., Nadkarni P.* Metadata-driven creation of data marts from an EAV-modeled clinical research database // International journal of medical informatics. – 2002. – No. 65. – P. 225-241.
7. *Boncz P., Zukowski M., Nes N.* MonetDB/X100: Hyper-pipelining query execution // CIDR. – 2005.
8. *Boncz P.A., Kersten M.L.* MIL primitives for querying a fragmented world // VLDB Journal. – 1999. – No. 8 (2). – P. 101-119.
9. *Stonebraker M., Abadi D. J., Batkin A. (u др.).* C-Store: A Column-Oriented DBMS // VLDB Journal. – 2005. – С. 553-564.
10. *Рогозов Ю.И., Грищенко А.С.* Оценка производительности механизмов манипулирования данными в структурно-независимых баз данных // Информатизация и связь. – 2013. – № 2. – С. 41-43.
11. *Grishchenko A.S., Sviridov A.S., Belousova S.A.* Performance estimation of selecting and inserting procedures in the structure-independent database // Proceedings of «8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies» (AICT-2014). – Astana, Kazakhstan, 2014. – P. 202-207.

12. Змеев О., Моисеев А. Сравнительный анализ некоторых методов O-R-преобразования // Вестник Томского государственного университета. – 2003. – № 280. – С. 263-271.
13. Тенцер А. База данных – хранилище объектов // Компьютер Пресс. – 2001. – № 8.
14. EAV vs Row Modeling. Тест производительности на PostgreSQL. <http://valv.ru/eav-vs-row-modeling-test-proizvoditelnosti-na-postgresql.html>.
15. Rogozov Y.I., Bodrow W., Kucherov S.A., Sviridov A.S. Purpose-Driven Approach For Flexible Structure-Independent Database Design // Proceedings of 5th International Conference on Software and Data Technologies. – ICSOFT 2010. – Vol. 1. – P. 356-362.
16. Черных, Т.А. Совершенствование АСУ газоконденсатного месторождения за счет применения подсистемы обработки квазиструктурированной информации: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – Оренбург, 2011. – 19 с.
17. Гмарь Д.В., Игнатова Ю.А., Цуранов Э.В., Шахгельдян К.И. Методы работы с вертикальной моделью данных // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2015. – № 2. – С. 1-28.
18. Грищенко А. С. Подход к повышению производительности структурно-независимой базы данных // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 6 (155). – С. 185-192.
19. PostgreSQL. Документация на русском языке. <https://wiki.postgresql.org/wiki/Russian>.
20. Электронная документация по Microsoft SQL Server 2014. [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms130214\(v=sql.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms130214(v=sql.120).aspx).

REFERENCES

1. Degtyarev A.A. Razrabotka i issledovanie metoda postroeniya gidroakusticheskikh informatsionnykh sistem na osnove konfigurirovaniya funktsional'nosti: avtoref. dis. ... kand. tekhn. Nauk [Research and development of the hydroacoustic method for constructing information systems based on the configuration of functionality. Cand. of eng. sc. diss]. 05.25.05.
2. Magento™ creates huge success with enterprise e-commerce platform & community built on Zend Framework. Available at: <https://www.zend.com/topics/Magento-CS.pdf>.
3. Microsoft Dynamics. Available at: <http://www.microsoft.com/ru-ru/dynamics/crm.aspx>.
4. McDonald C. The Regenstrief Medical Records, *MD Computing*, 1982, No. 5 (5), pp. 34-47.
5. Nadkarni P. An Introduction to Entity-Attribute-Value Design for Generic Clinical Study Data Management Systems, *Center for Medical Informatics, Yale University Medical School*. Available at: <http://med.yale.edu/>.
6. Brandt C., Morse R., Matthews K., Sun K., Deshpande A., Gadagkar R., Cohen D., Miller P., Nadkarni P. Metadata-driven creation of data marts from an EAV-modeled clinical research database, *International journal of medical informatics*, 2002, No. 65, pp. 225-241.
7. Boncz P., Zukowski M., Nes N. MonetDB/X100: Hyper-pipelining query execution, *CIDR*, 2005.
8. Boncz P.A., Kersten M.L. MIL primitives for querying a fragmented world, *VLDB Journal*, 1999, No. 8 (2), pp. 101-119.
9. Stonebraker M., Abadi D. J., Batkin A. (u др.). C-Store: A Column-Oriented DBMS, *VLDB Journal*, 2005, pp. 553-564.
10. Rogozov Yu.I., Grishchenko A.S. Otsenka proizvoditel'nosti mekhanizmov manipulirovaniya dannymi v strukturno-nezavisimyykh baz dannykh [Performance evaluation of mechanisms for manipulating data in a structurally independent database], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and Communication], 2013, No. 2, pp. 41-43.
11. Grishchenko A.S., Sviridov A.S., Belousova S.A. Performance estimation of selecting and inserting procedures in the structure-independent database, *Proceedings of «8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies» (AICT-2014). Astana, Kazakhstan, 2014*, pp. 202-207.
12. Zmееv O., Moiseev A. Sravnitel'nyy analiz nekotorykh metodov O-R-preobrazovaniya [Comparative analysis of some methods O-R transformation], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal of Control and Computer Science], 2003, No. 280, pp. 263-271.
13. Tentser A. Baza dannykh – khranilishche ob"ektov [Database – object store], *Komp'yuter Press* [Computer Press], 2001, No. 8.
14. EAV vs Row Modeling. Тест производительности на PostgreSQL. Available at: <http://valv.ru/eav-vs-row-modeling-test-proizvoditelnosti-na-postgresql.html>.

15. Rogozov Y.I., Bodrow W., Kucherov S.A., Sviridov A.S. Purpose-Driven Approach For Flexible Structure-Independent Database Design, *Proceedings of 5th International Conference on Software and Data Technologies. ICSoft 2010*, Vol. 1, pp. 356-362
16. Chernykh, T.A. Sovershenstvovanie ASU gazokondensatnogo mestorozhdeniya za schet primeneniya podsistemy obrabotki kvazistrukturirovannoy informatsii: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Improving ACS gas condensate field at the expense of application processing sub-systems, quasi-structured information. Cand. of eng. sc. diss]. 05.13.06. Orenburg, 2011, 19.
17. Gmar' D.V., Ignatova Yu.A., Tsuranov E.V., Shakhgel'dyan K.I. Metody raboty s vertikal'noy model'yu dannykh [Methods of work with vertical data model], *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy* [Information Technologies and Computing Systems], 2015, No. 2, pp. 1-28.
18. Grishchenko A.S. Podkhod k povysheniyu proizvoditel'nosti strukturno-nezavisimoy bazy dannykh [Approach to improving structure-independent database performance], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2014, No. 6 (155), pp. 185-192.
19. PostgreSQL. Dokumentatsiya na russkom yazyke [Documentation in Russian language]. Available at: <https://wiki.postgresql.org/wiki/Russian>.
20. Elektronnaya dokumentatsiya po Microsoft SQL Server 2014 [Books online for Microsoft SQL Server 2014]. Available at: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms130214\(v=sql.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms130214(v=sql.120).aspx).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.М. Макаров.

Грищенко Андрей Сергеевич – Южный федеральный университет; e-mail: AGrishenko@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; кафедра системного анализа и телекоммуникаций; ассистент.

Grishchenko Andrey Sergeevich – Southern Federal University; e-mail: AGrishenko@sfedu.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; the department of system analysis and telecommunications; assistant.

УДК 681.142

В.А. Балыбердин, А.М. Белевцев, О.А. Степанов

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПОДХОДОВ К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Работа является продолжением предыдущих работ авторов по затрагиваемой тематике, опубликованных ранее в настоящем журнале. В работе основное внимание уделяется вопросам построения количественных оценок факторов (подхарактеристик), определенных в рамках существующих документов по стандартизации надежности ПС (таких как завершенность, отказоустойчивость, восстанавливаемость и готовность ПС) на уровне соответствующих метрик. Проводится содержательный анализ предлагаемых в стандарте ISO/IEC 25023 подходов к определению количественных значений соответствующих метрик с точки зрения возможностей их практического применения с учётом специфики функционирования АСУ специального назначения (АСУ СН), предназначенных для использования в полевых условиях. В части внешней метрики оценки завершенности ПС отмечается, что для предлагаемой в ISO/IEC 25023 оценки этой величины характерны значительные погрешности в определении среднего времени безотказной работы ПС. Это связано с тем, что интенсивность возникающих отказов уменьшается по мере устранения обнаруженных дефектов ПС, а операционное время, соответственно возрастает. Подобные эффекты необходимо учитывать при оценке завершенности ПС. Далее, учитывая важность обеспечения отказоустойчивости в рассматриваемых АСУ СН целесообразно расширить перечень внутренних метрик, включив сюда учет средств восстановления процесса при ошибках на входе, сбоях оборудования, неверных действиях человека и т.п. В свете этого предлагаются определенные уточнения как в отношении выбора совокупности метрик для оценки отдельных факторов надежности ПС, так и в плане построения соответствующих расчетных процедур для вычисления количественных значений метрик.