

9. Pagh R., Rodler F. F. Cuckoo hashing // J. of Algorithms. 2004. № 51. С. 122–144.

10. Knuth D. Ea. The art of computer programming: fundamental algorithms. Vol. 1 / Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., Redwood City, CA, USA, 1997.

---

V. A. Smirnov, A. R. Omelnichenko, A. A. Paznikov  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

## THREAD-SAFE ASSOCIATIVE ARRAYS, BASED ON TRANSACTIONAL MEMORY

*In this paper several algorithms of thread-safe associative arrays (red-black tree, a hash table with open addressing based on the method of Hopscotch hashing collision resolution) using software transactional memory are proposed. Efficiency analysis of associative arrays with different number of used threads and processor cores, comparison with similar data structures based on locks and recommendations for transaction making are described. Basic principles of software transactional memory, different object update politics, conflict detection strategies are introduced. Different lock methods using transactional memory in GCC 5.4.0 are presented. Alternatives used nowadays are reviewed, pros and cons are shown.*

**Transactional memory, thread-safe data structures, red-black tree, hash table, multi-threaded programming, synchronization multithreaded programs**

---

УДК 303.064

Е. В. Ахунова, Н. Н. Коблов  
АО «Научно-производственный центр "Полус"» (Томск)

## Метод автоматизированного формирования и проведения изменений в текстовой конструкторской документации

*Предложен метод формирования перечня элементов непосредственно в редакторе PDM-системы, суть которого в том, что источником данных для такого перечня является BOM-файл или файл в формате САПР. При вложении файла в систему происходит запись структуры элементов в виде дерева. Недостающие данные можно добавлять в редакторе PDM-системы. По ним формируется подлинник перечня элементов в формате TIF. При формировании подлинника происходит сравнение с предыдущей версией и в штампах измененных листов делается отметка. Различия по элементам автоматически записываются в извещение об изменении. Таким образом, благодаря автоматическому сравнению версий и проведению изменений значительно сокращается время на разработку конструкторской документации. Кроме того, достоинствами предложенного метода являются повышение точности за счет минимизации расхождения данных между принципиальной электрической схемой и перечнем элементов, отсутствие необходимости в промежуточном программном обеспечении – редакторе. Метод автоматизированного формирования перечня элементов в PDM-системе успешно внедрен и доказал свою эффективность на приборостроительном предприятии ракетно-космической отрасли – НПЦ «Полус».*

### Перечень элементов, PDM, САПР, принципиальная электрическая схема

Современные тенденции развития экономики требуют от приборостроительных предприятий ускорения выпуска новых изделий. Обеспечить это может лишь хорошо организованное взаимодействие всех участников производства и максимально высокий уровень автоматизации труда. На предприятии, занимающемся созданием радиоэлектронной аппаратуры, четко просматривается

цепочка движения документации: схемотехник – конструктор – технолог – производство. Схемотехник выпускает принципиальную электрическую схему, являющуюся исходной для конструктора, разрабатывающего, в свою очередь, конструкторскую документацию, которую он передает технологю для разработки технологии производства. Таким образом, конструкторская

документация служит первоисточником для изготовления радиоэлектронной аппаратуры, и прежде всего от нее зависят срок выпуска и качество нового изделия.

При организации опытного производства предприятия сталкиваются с дополнительными задачами. В частности, могут возникнуть изменения в конструкторской документации, а это – длительный и кропотливый процесс, в ходе которого необходимо тщательно сравнить версии документов и отметить все различия, внести их в штампы, выпустить извещение об изменении. При этом следует учесть задел в производстве и применимость. В качестве эффективного средства автоматизации труда конструкторов и разработчиков выступает PDM-система (Product Data Management – управление данными об изделии), являющаяся ядром единого информационного пространства предприятия.

Академические исследования в области PDM-систем в последние годы сфокусированы на проблемах их интеграции с системами управления ресурсами предприятия [1], [2], обмена данными с САПР [3], [4] и workflow-моделирования [5], тогда как разработка новых подходов и методов ведется в рамках коммерческих организаций.

Анализ известных систем показал, что практически в каждой из них можно получить текстовые конструкторские документы, такие, как спецификация, ведомость покупных изделий, перечень элементов в виде отчета на основании данных структуры изделия. Структуру изделия, как правило в виде дерева, можно вносить в PDM-систему вручную либо автоматизированным способом, импортируя из файлов разных форматов [6]. Недостатками такого подхода являются зависимость от промежуточного программного обеспечения, риск расхождения данных между файлом схемы и полученным перечнем элементов. Кроме того, ни в одной из известных PDM-систем не реализовано автоматизированное проведение изменений в конструкторской документации, что позволило бы сократить время проектирования.

Таким образом, для сокращения времени разработки документации, а также для обеспечения качества данных необходима максимальная автоматизация, подразумевающая создание структуры изделия посредством импорта из САПР. При этом PDM-система должна интегрироваться с любой САПР и быть самодостаточной, т. е. не требовать промежуточного программного обеспечения. В том числе необходимо осуществить автоматизированное внесение изменений в конструкторскую документацию.

**Обзор существующих методов.** В ходе исследования существующих PDM-систем выявлено несколько основных подходов к формированию перечня элементов.

Во-первых, для получения перечня элементов в виде отчета необходимо сначала вручную внести структуру изделия в систему [7] или использовать специальные редакторы, реализованные в виде программного обеспечения, отдельного (независимого) от PDM, которые импортируют данные из файла САПР принципиальной электрической схемы [8]. Например, в Microsoft Word данные импортируются из САПР, перечень элементов дорабатывается до нужного файла и затем из файла .doc считывается в PDM.

При таком подходе возникает зависимость от программного обеспечения, которое подготавливает данные структуры изделия для помещения в PDM. К тому же возникает риск расхождения между файлом схемы и полученным перечнем элементов, поскольку не контролируются изменяемые в редакторе данные перечня.

Во-вторых, некоторые производители PDM предусматривают получение перечня элементов непосредственно в САПР их же производства. Такой подход реализован в T-FlexDOCs, T-Flex CAD [9]. Вследствие этого возникает привязка к конкретной САПР. По такому же пути пошла компания «Аскон» – в ее продукте «Компас-Электрик» невозможно несколько исполнений в одном проекте, поэтому для каждого исполнения создается отдельный перечень элементов.

В-третьих, некоторые фирмы предусматривают загрузку перечня элементов в PDM-структуру из файлов определенного формата. Например, Arrius PDM позволяет загрузить данные из файла BOM. В таком случае, если нет возможности создания файлов требуемого формата, то напрашиваются 2 пути решения: либо создавать файл в стороннем программном обеспечении, либо доработать систему, реализовав механизм получения данных непосредственно из файла САПР принципиальной электрической схемы. Второй вариант предпочтительнее, поскольку не требуется звена-посредника в виде программного обеспечения. Такой подход наиболее оптимален, но он не обеспечивает максимальной защищенности от расхождения данных между схемой и перечнем, так как в структуру PDM может быть внесено изменение, например, наименования элемента.

И наконец, есть еще один вариант [10], согласно которому предлагается экспорт данных в PDM-систему SmarTeam из файлов отдельных

САПР с формированием перечня элементов в виде дерева и файла PDF. Однако при таком подходе нет автоматического сравнения версий документов и проведения изменений.

**Метод автоматизированного формирования и проведения изменений в текстовой конструкторской документации внутри PDM-системы.** Особенность предлагаемого подхода в том, что источником данных служит файл принципиальной электрической схемы в формате САПР или BOM-файл. Данные считываются непосредственно в структуру PDM-системы без возможности изменения, но с возможностью добавления и реструктуризации (рис. 1).

Исходные данные для перечня элементов и ведомости покупных изделий хранятся в соответствующих атрибутах примененных электрорадиоизделий. В момент добавления нового файла в формате САПР или BOM-файла в карточку документа (принципиальной электрической схемы) в PDM-системе из него автоматически считываются все необходимые данные и формируется электронная структура документа (ЭСД).

ЭСД, полученная из файла оригинала, сохраняется во внутренней структуре PDM. Эта структура расширена дополнительными таблицами интерактивного ввода устройств, переменных данных для исполнений, элементов, функциональных групп, не вошедших в принципиальную электрическую схему покупных изделий.

После внесения недостающих данных для перечня элементов и ведомости покупных изделий

автоматически создается электронный подлинник документа в формате TIF. При формировании электронного подлинника происходит автоматическое сравнение текущей версии документа и предыдущей. Версии сравниваются по содержимому электронной структуры, а имеющиеся различия отражаются в карточке текущей версии документа в виде текста примечания. По результатам сравнения заполняются штампы на листах подлинника и лист регистрации изменений. Кроме того, эти различия автоматически указываются в извещении об изменении.

**Реализация.** На приборостроительном предприятии ракетно-космической отрасли НПО «Полус» ведется разработка автоматизированной системы управления инженерными данными и производством АСУ ИДиП, реализованной на платформе 1С: Предприятие. Описанный ранее метод автоматизированного формирования и внесения изменений в текстовую конструкторскую документацию применен в этой PDM-системе.

Разработанный в АСУ ИДиП интерфейс (рис. 2) позволяет добавить недостающие данные для построения перечня элементов и ведомости покупных изделий, внести разрешенные изменения (например, добавить новую функциональную группу и включить в нее элементы, не входящие в другие функциональные группы). Допускается добавление новых элементов в раздел «Переменные данные для исполнений». При этом осуществляется контроль проводимых изменений, в частности проверка на соответствие добавляемо-

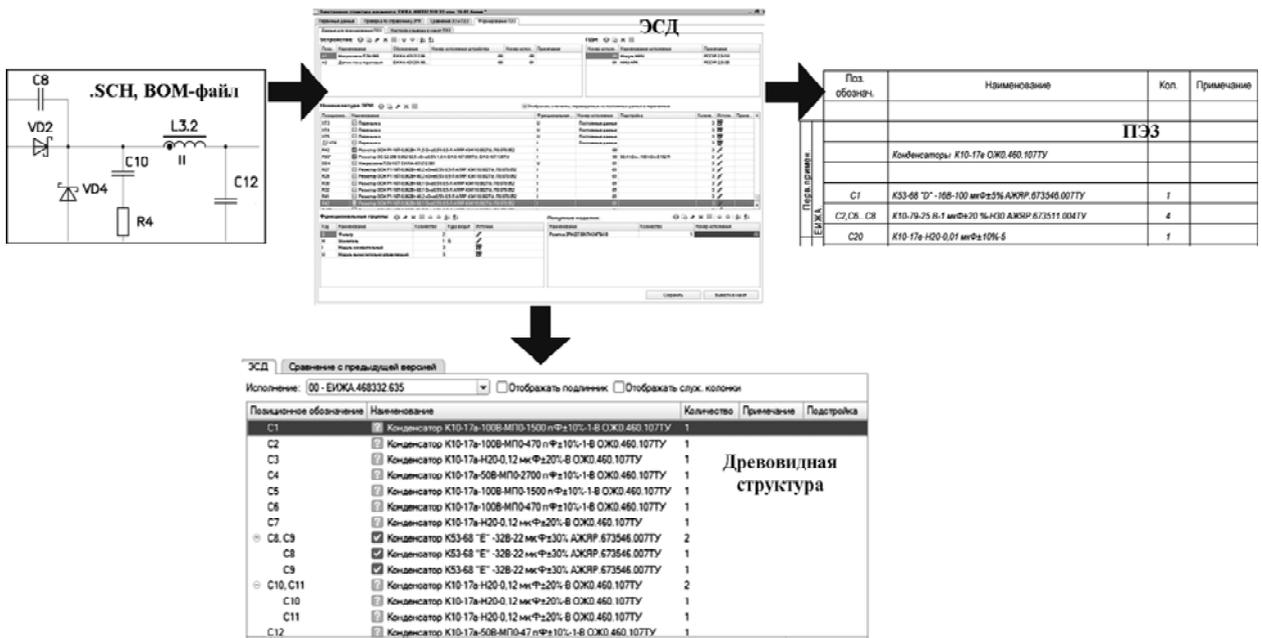


Рис. 1

Электронная структура документа: ЕИЖА.468332.518 ЭЗ изм. 16-01 Архив \*

Перечень данных | Проверка по справочнику ЭРИ | Сравнение ЭЗ и ПЭЗ | Формирование ПЭЗ

Данные для формирования ПЭЗ | Настройка вывода в макет ПЭЗ

Устройства:

Пози...	Наименование	Обозначение	Номер исполнения устройства	Номер испол...	Примечание
A1	Микросхема ПЗУ-066	ЕИЖА.431212.06...		-00	-00
A2	Датчик тока пороговый	ЕИЖА.421231.00...		00	01

ПДИ:

Номер испол...	Наименование исполнения	Примечание
-00	Модуль МИУ	РСС1Р.2.5/10
01	МИУ АРК	РСС1Р.2.5/25

Номенклатура ЭРИ:  Отображать элементы, переведенные из постоянных данных в перечень

Позиционно...	Наименование	Функциональная ...	Номер исполнения	Подстройка	Колоче...	Источк...	Приме...
ХТ3	Перемычка	U		Постоянные данные	3		
ХТ4	Перемычка	U		Постоянные данные	3		
ХТ5	Перемычка	U		Постоянные данные	3		
ХТ6	Перемычка	I		Постоянные данные	3		
R42	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+71,5 Ом±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-00	3		
R63	Резистор ОС С2-298-0,062-62,5 кОм±0,5%-1,0А ОЖ0.467.099ТУ, ОЖ0.467.138ТУ	I		60,4 кОм, 100 кОм E192 R	3		
DD4	Микросхема ПЗУ-КСТ ЕИЖА.431212.061	U		-01	3		
R27	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+40,2 кОм±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-01	3		
R28	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+40,2 кОм±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-01	3		
R30	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+68,1 Ом±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-01	3		
R32	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+68,1 Ом±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-01	3		
R41	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+40,2 кОм±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-01	3		
R42	Резистор ОСМ R1-16П-0,0626+68,1 Ом±0,5%-0,5-П АЛРР.434110.002ТУ, ПО.070.052	I		-01	3		

Функциональные группы:

Код	Наименование	Количество	Куда входит	Источник
G	Фильтр	2		
H	Усилитель	1	G	
I	Модуль измерительный	3		
U	Модуль вычислительно-управляющий	3		

Покупные изделия:

Наименование	Количество	Номер исполнения
Розетка ЗРМДТ30КПН24Г5А18	1	-00

Сохранить | Вывести в макет

Рис. 2

го элемента базе данных разрешенных для применения электрорадиоизделий.

Для удобства формирования перечня элементов предусмотрен список невыводимых кодов позиционных обозначений. Изначально этот список заполнен значениями по умолчанию, однако пользователь имеет возможность его редактировать.

На основании полученных данных строится древовидная структура для удобного просмотра и получения информации о группировках элементов, функциональных группах и переменных данных, а также формируется перечень элементов.

Для предварительного просмотра перечень элементов и ведомость покупных изделий выводятся в виде табличного документа формата IC: Предприятие. Для их регистрации в АСУ ИдиП создается карточка документа и вводится соответствующее изменение, в качестве источника данных указывается изменение принципиальной электрической схемы.

Электронный подлинник перечня элементов и ведомости покупных изделий формируется из ЭСД и выводится в формате TIF. При формировании подлинника автоматически сравниваются текущая и предыдущая версии документа по содержанию электронной структуры. Различия

отражаются в текущей версии и листе регистрации изменений. Кроме того, эти различия автоматически указываются в извещении об изменении. Таким образом, при изменении принципиальной электрической схемы автоматически формируются перечень элементов и ведомость покупных изделий с заполненными штампами и листом регистрации изменений, а также извещение об изменении (рис. 3).

Подлинники текущей и предыдущей версий в формате TIF сравниваются графически для наглядности, а результатом сравнения является файл в формате MDI, в котором цветом выделены различия.

**Экспериментальное исследование предложенного подхода.** Предполагаемым результатом внедрения метода является достоверность информации, а также сокращение времени на разработку конструкторской документации. Для подтверждения этого проведен эксперимент, в котором объектом исследований служит процесс формирования перечня элементов и извещения об изменении. На этот процесс влияют такие факторы, как субъект (инженер-конструктор), сложность документа (нулевая версия или ненулевая, количество страниц, количество исполнений), а также способ формирования – предложенный

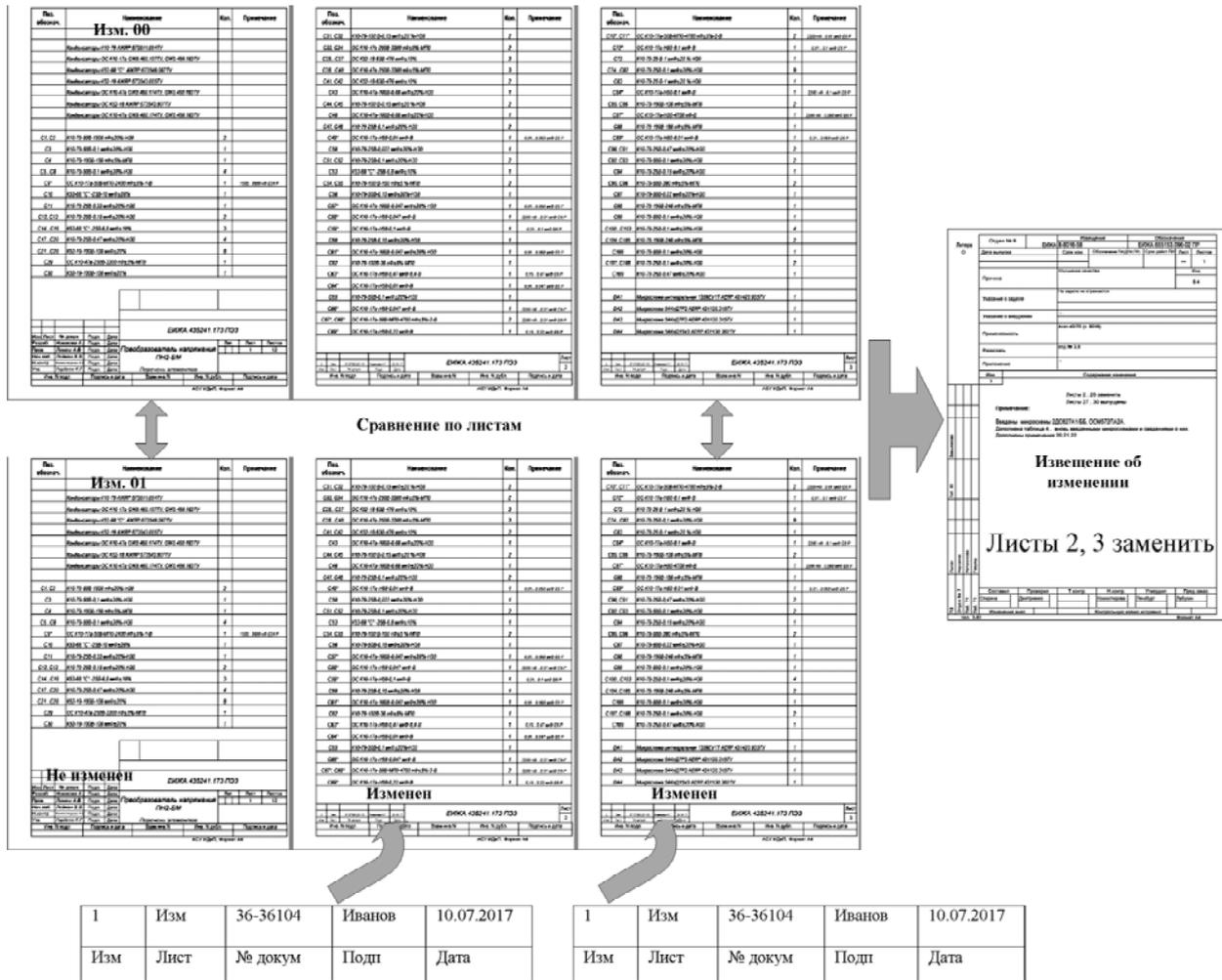


Рис. 3

автоматизированный или иной. Кроме того, на данный объект исследования могут влиять случайные факторы – ошибки программного обеспечения либо ошибки, допущенные субъектом при вводе данных.

Исследование проводилось с использованием трехфакторного дисперсионного анализа [11], при котором оценивается значимость трех качественных факторов:  $A$  – субъект,  $B$  – сложность документа,  $C$  – способ формирования документа при постоянстве всех остальных. Другими словами, определяется степень влияния этих трех факторов на функцию отклика, т. е. время, затраченное на формирование перечня элементов и извещения об изменении.

Каждый фактор варьируется на  $n = 3$  уровнях, т. е. принимает 3 значения. В эксперименте участвовали 3 инженера-конструктора ( $a_1, a_2, a_3$ ), которым были даны 3 разные принципиальные электрические схемы для формирования перечней элементов. Для схемы  $b_1$  результирующим

перечнем элементов был перечень нулевой версии объемом 2 страницы без переменных данных, для схемы  $b_2$  – перечень элементов первой версии объемом 5 страниц с нулевым и первым исполнениями, а для схемы  $b_3$  – перечень элементов второй версии объемом 7 страниц с функциональными группами и тремя исполнениями. Каждый инженер-конструктор формировал каждый из трех перечней элементов тремя способами:

- 1) предложенным способом в PDM-системе АСУ ИДиП –  $c_1$ ;
- 2) в приложении Microsoft Word посредством считывания данных из файла принципиальной электрической схемы в формате SCH и автоматического заполнения перечня –  $c_2$ ;
- 3) экспортом данных в PDM-систему SmartTeam из файла в формате BOM –  $c_3$ .

Все инженеры-конструкторы одинаково хорошо владели каждым из трех способов формирования перечня элементов.

Субъект $A$	Функция отклика $Y$ в зависимости от субъекта $A$ , способа формирования $C$ , сложности документа $B$								
	$c_1$			$c_2$			$c_3$		
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$a_1$	$Y_1 = 5$	$Y_2 = 8$	$Y_3 = 10$	$Y_4 = 8$	$Y_5 = 15$	$Y_6 = 20$	$Y_7 = 7$	$Y_8 = 17$	$Y_9 = 22$
$a_2$	$Y_{10} = 7$	$Y_{11} = 10$	$Y_{12} = 12$	$Y_{13} = 8$	$Y_{14} = 18$	$Y_{15} = 25$	$Y_{16} = 9$	$Y_{17} = 17$	$Y_{18} = 27$
$a_3$	$Y_{19} = 6$	$Y_{20} = 12$	$Y_{21} = 15$	$Y_{22} = 7$	$Y_{23} = 19$	$Y_{24} = 30$	$Y_{25} = 8$	$Y_{26} = 18$	$Y_{27} = 29$

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа для трех уровней приведены в таблице. Число опытов:  $N = n^k = 3^3 = 27$ , где  $k = 3$  – число факторов. Время, затраченное на формирование перечня элементов и извещения об изменении, измерялось в минутах.

**Расчет.**

1. Используя таблицу трехфакторного дисперсионного анализа, получим итоги по строкам для каждого фактора:

$$A_1 = \sum_{i=1}^9 Y_i; \quad A_2 = \sum_{i=10}^{18} Y_i; \quad A_3 = \sum_{i=19}^{27} Y_i.$$

2. Найдем итоги по столбцам для фактора  $B$ :

$$B_1 = Y_1 + Y_{10} + Y_{19} + Y_4 + Y_{13} + Y_{22} + Y_7 + Y_{16} + Y_{25};$$

$$B_2 = Y_2 + Y_{11} + Y_{20} + Y_5 + Y_{14} + Y_{23} + Y_8 + Y_{17} + Y_{26};$$

$$B_3 = Y_3 + Y_{12} + Y_{21} + Y_6 + Y_{15} + Y_{24} + Y_9 + Y_{18} + Y_{27}.$$

3. Найдем итоги для фактора  $C$ :

$$C_1 = \sum_{i=1}^3 Y_i + \sum_{i=10}^{12} Y_i + \sum_{i=19}^{21} Y_i;$$

$$C_2 = \sum_{i=4}^6 Y_i + \sum_{i=13}^{15} Y_i + \sum_{i=22}^{24} Y_i;$$

$$C_3 = \sum_{i=7}^9 Y_i + \sum_{i=16}^{18} Y_i + \sum_{i=25}^{27} Y_i.$$

4. Рассчитаем сумму квадратов всех наблюдений:

$$SS_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \sum_{q=1}^k Y_{ijq}^2.$$

5. Найдем сумму квадратов по фактору  $A$ , деленную на число уровней:

$$SS_2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k A_i^2.$$

6. Найдем сумму квадратов по фактору  $B$ , деленную на число уровней:

$$SS_3 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k B_j^2.$$

7. Найдем сумму квадратов по фактору  $C$ , деленную на число уровней:

$$SS_4 = \frac{1}{k} \sum_{q=1}^k C_q^2.$$

8. Найдем квадрат общего итога, деленный на квадрат числа уровней:

$$SS_5 = \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i=1}^k A_i \right)^2 = \frac{1}{n^2} \left( \sum_{j=1}^k B_j \right)^2 = \frac{1}{n^2} \left( \sum_{q=1}^k C_q \right)^2.$$

9. Найдем сумму квадратов для фактора  $A$ :

$$SS_A = SS_2 - SS_5.$$

10. Найдем сумму квадратов для фактора  $B$ :

$$SS_B = SS_3 - SS_5.$$

11. Найдем сумму квадратов для фактора  $C$ :

$$SS_C = SS_4 - SS_5.$$

12. Найдем общую сумму квадратов:

$$SS_{\text{общ}} = SS_1 - SS_5.$$

13. Найдем остаточную сумму квадратов для оценки ошибки эксперимента:

$$SS_{\text{ост}} = SS_{\text{общ}} - SS_A - SS_B - SS_C.$$

14. Найдем дисперсию фактора  $A$ :

$$S_A^2 = \frac{SS_A}{k-1} = 88.11.$$

15. Найдем дисперсию фактора  $B$ :

$$S_B^2 = \frac{SS_B}{k-1} = 1306.78.$$

16. Найдем дисперсию фактора  $C$ :

$$S_C^2 = \frac{SS_C}{k-1} = 500.11.$$

17. Найдем дисперсию фактора случайности:

$$S_{\text{ош}}^2 = \frac{SS_{\text{ост}}}{(k-1)(k-2)} = 24.24.$$

Табличное значение критерия Фишера:

$$F_{\text{табл}}(1-p, (f_1, f_2)) = 19.2,$$

где  $f_1 = k - 1 = 2, f_2 = (k - 1)(k - 2) = 2;$

–  $S_A^2/S_{\text{ош}}^2 = 3.63$  меньше табличного значения критерия Фишера, значит, фактор  $A$  – субъект (инженер-конструктор) – незначимо влияет на время формирования перечня элементов и создание извещения об изменении;

–  $S_B^2/S_{\text{ош}}^2 = 53.91$  больше табличного значения критерия Фишера, значит, фактор  $B$  – сложность документа – значимо влияет на время формирования перечня элементов и создание извещения об изменении;

–  $S_C^2/S_{\text{ош}}^2 = 20.63$  больше табличного значения критерия Фишера, значит, фактор  $C$  – способ формирования перечня элементов и извещения об изменении – значимо влияет на время их создания.

Таким образом, в ходе эксперимента выяснилось, что на время разработки конструкторской до-

кументации несущественно влияет субъект (инженер-конструктор), но сложность документа и способ формирования оказывают значительное влияние.

Предложенная методика позволяет добиться максимальной достоверности информации, так как минимизируется расхождение данных между принципиальной электрической схемой и перечнем элементов, поскольку первая является источником данных для второго.

Экономится время на разработку конструкторской документации и проведение изменений, поскольку работа ведется в пределах одного приложения, не нужно переключаться между окнами, ручной ввод информации сводится к минимуму, нет необходимости вручную сравнивать между собой версии документов и фиксировать различия.

Описанный метод можно применять в других PDM-системах при условии возможности их доработки.

Эффективность метода доказана экспериментально, а также успешным его внедрением в НПЦ «Полус».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ou-Yang C., Chang M. J. Developing an agent-based PDM/ERP collaboration system // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2006. Vol. 30. P. 369–384.
2. Lee C. H., Choon S. L., Hwang I. PDM and ERP integration methodology using digital manufacturing to support global manufacturing // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2011. Vol. 53. P. 399–409.
3. Peng C., Wenhua Z., Zhenyu Y. Research and implementation of CAD/CAPP/PDM integrated system based on Teamcenter // 2012 IEEE/ACIS 11<sup>th</sup> Intern. Conf. on Computer & Information Science, Hanghai. China: IEEE Computer Society, 2012. P. 320–324.
4. Alemanni M., Destefanis F., Vezzetti E. Model-based definition design in the product lifecycle management scenario // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2011. Vol. 52. P. 1–14.
5. Yang N., Lou Z. L., Zhou X. H. Petri net-based workflow modeling for a die and mould manufacturing resource planning system // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2005. Vol. 26. P. 366–371.
6. Нужный А. М. Создание электронного архива средствами PDM // *Вестн. Воронеж. гос. техн. ун-та.* 2013. Т. 9, № 6-1. С. 23–27.
7. Фатеев Ф., Берендеев И. Arrius-PDM: комплекс КТПП для «1С:Предприятие 8.0» – конструктору, технологу, службе АСУ // САПР и графика. 2005. № 12. С. 72–74.
8. По материалам компании Altium. Использование BOM-файла для создания перечня элементов // *CADMASTER.* 2012. № 6. С. 50–53.
9. Грицаенко П. Г., Симоненко В. В. Опыт проектирования изделий электроники с использованием современных САПР // *Изв. ЮФУ. Технические науки.* 2004. № 1(36). С. 123.
10. Савенко И. И. Автоматическое формирование текстовой документации в системе управления данными ENOVIA SMARTEAM // *Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM–2012): тр. 12-й междунар. конф. / под ред. Е. И. Артамонова. М.: Изд-во ООО «Аналитик», 2012. С. 196–199.*
11. Налимов В. В., Голикова Т. И. Логические основания планирования эксперимента. М.: Металлургия, 1980. 152 с.

E. V. Akhunova, N. N. Koblov  
 Scientific Industrial Center «Polus» JSC (Tomsk)

## THE METHOD OF AUTOMATED FORMATION AND IMPLEMENTATION OF CHANGES IN TEXTUAL DESIGN

*The method of formation of the list of elements directly in the editor of PDM system is offered. The essence of a method is that a data source for the list of elements are the BOM file or the file in the CAD format. At a file attachment in system there is a record of structure of elements in the form of a tree. Missing data can be added in the editor of PDM system. According to these data the original of the list of elements in the TIF format is formed. When forming the original there is a comparison with the previous version and in stamps of the changed sheets the mark is made. Distinctions on elements automatically register in the notice on change. Thus, due to automatic comparison of versions and carrying out changes time for development of design documentation is considerably reduced.*

*Besides, advantages of the offered method is increase in accuracy of data due to minimization of a divergence of data between the schematic electric circuit and the list of elements, lack of need for the middleware – the editor.*

*The method of the automated formation of the list of elements in PDM system is successfully introduced and proved the efficiency at the instrument-making enterprise of space-rocket branch of Stock Company «Scientific & Industrial Centre “Polyus”».*

**List of elements, PDM, CAD, electric schematic diagram**

УДК 004.414.23

Д. А. Немов, И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин, А. В. Ли  
 Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Методика статистической оценки пропускной способности компьютерных сетей на основе модели перколяции

*Рассматривается методика статистической оценки порога пропускной способности компьютерных сетей посредством компьютерного моделирования на основе модели перколяции. В рассматриваемой методике и реализованном способе статистического моделирования речь идет о динамических потоках данных через случайную дискретную решетку. Выявлены условия кластеризации узлов в случайной среде, ее пороговые свойства. Для установления родственных связей в конкретных естественных неоднородных образованиях и процессах компьютерных сред обоснована целесообразность привлечения принципов аналогий и гомологий, взаимно дополняющих друг друга в методике компьютерного моделирования информационных потоков в сети. Топология связей выявляется процедурой раскрытия маршрута с узла пользователя до какого-либо другого узла. В качестве тестов процессов переноса выступают точно решаемые задачи теории перколяции: перколяция на одномерной цепочке, перколяция на дереве Кейли, некоторые плоские решетки.*

**Компьютерные сети, перколяция, кластеры**

**Постановка задачи.** Существующие методы обеспечения минимизации вероятности возникновения перегрузок в компьютерных сетях (КС) в основном отражают технические аспекты передачи информации на различных уровнях, оставляя за скобками проблему существенного влияния на динамику трафика совместной активности поль-

зователей (что особенно актуально в связи с интенсификацией обмена информацией в сетевых системах социкиберфизической реальности).

В основе всех существующих аналитических методов анализа статистической оценки пропускной способности КС лежит фиксация определенного заранее потока заявок и четких правил их