

## Математические методы моделирования поиска принципов действия технических систем

Евгений Д. Чертов,	<sup>1</sup>	ched@vsuet.ru
Алексей В. Скрыпников,	<sup>2</sup>	skrypnikovvsafe@mail.ru
Александр В. Буданов,	<sup>3</sup>	
Геннадий И. Котов	<sup>3</sup>	giktv@mail.ru

<sup>1</sup> кафедра технической механики, Воронеж. гос. ун-т инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия<sup>2</sup> кафедра информационной безопасности, Воронеж. гос. ун-т инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия<sup>3</sup> кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронеж. гос. ун-т инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия

**Реферат.** Рассмотрим основные задачи обработки запросов к базе данных по физическим эффектам. Техническая задача может быть упрощенно представлена в виде трех компонент: начальное состояние, конечный результат, процесс превращения начального состояния в конечный результат. Возникает задача, если, по крайней мере, одна из компонент неизвестна. Отбрасывая случаи, когда все компоненты известны или все компоненты не известны, получим классификацию технических задач, состоящую из шести типов. При формировании набора запросов к базе данных естественным является требование полноты этого набора, т.е. набор запросов должен покрывать решение технических задач всех шести типов. С целью формулировки полного набора запросов проведем аналогию между описанием технической задачи и описанием физического эффекта. Сопоставим начальному состоянию входное воздействие физического эффекта, конечному результату – выходной результат, процессу превращения начального состояния в конечный результат – физический объект, либо последовательность физических эффектов. Рассмотрены требования к базе данных по физическим эффектам: расширяемость и совершенствование программного обеспечения и структуры данных без существенных переделок ранее написанных программ и хранящихся данных, возможность решения задач в режиме диалога. Разработана структура базы, состоящая из глобальной базы данных и множества локальных баз, которые генерируются для решения отдельных задач. Разработан набор запросов, покрывающих решение основных технических задач на уровне принципов действия. Сформулирована задача поиска принципов действия устройств для преобразования заданного исходного воздействия в заданный выходной результат. Разработана структура локальной базы данных для решения этой задачи и предложен алгоритм поиска. Приведены основные характеристики реализации алгоритма

**Ключевые слова:** моделирование, базы данных, комплексное техническое обеспечение

## Mathematical methods of modeling research of the principles of technical systems

Evgenii D. Chertov,	<sup>1</sup>	ched@vsuet.ru
Aleksei V. Skrypnikov,	<sup>2</sup>	skrypnikovvsafe@mail.ru
Aleksandr V. Budanov,	<sup>3</sup>	
Gennadii I. Kotov	<sup>3</sup>	giktv@mail.ru

<sup>1</sup> technical mechanics department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Avenue, 19, Voronezh, Russia<sup>2</sup> information security department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Avenue, 19, Voronezh, Russia<sup>3</sup> physics, heat and power system department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Avenue, 19, Voronezh, Russia

**Summary.** Consider the basic problem to query the database for the physical effects of the data. Technical problem may be simplistically represented as three components: the initial state, the end result, the process of converting the initial state to the final result. The problem arises if at least one of the components is unknown. Discarding cases where all the components are known, or all of the components are not known, we obtain a classification of technical problems, consisting of six types. In forming a set of queries to the database is a natural requirement for completeness of this set, i.e. Requests should be set to cover the technical challenges of all six types. With a view to the formulation of a complete set of queries we draw an analogy between the description of the technical problem and a description of the physical effect. Let us compare the initial state of the physical input action effect, the end result - the output of, the process of transformation of the initial state to the final result - a physical object or a sequence of physical effects. The requirements to the database on the physical effects: extensibility and improvement of the software and data structures without significant alterations of previously written programs and stored data, the ability to solve problems in a dialogue mode. A base structure consisting of a global database and a number of local databases that are generated to solve individual problems. A set of queries that cover the basic solution of technical problems at the level of principle. The problem of the search of the principles of device to convert the given source exposure to the specified output result. The structure of the local database to solve this problem and proposed a search algorithm. The main characteristics of the implementation of the algorithm.

**Keywords:** simulation, database, complex technical providing

Для цитирования

Чертов Е. Д., Скрыпников А. В., Буданов А. В., Котов Г. И. Математические методы моделирования поиска принципов действия технических систем // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С 110–115. doi:10.20914/2310-1202-2016-3-110-115

For citation

Chertov E. D., Skrypnikov A. V., Budanov A. V., Kotov G. I. Mathematical modeling and optimization of traffic control through the use of sensors detect the passing cars and information devices. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no 3 pp. 110–115 (in Russ.). doi:10.20914/2310-1202-2016-3-110-115

### Введение

Каждому типу технических задач будет соответствовать определенный запрос к базе данных. Перечислим эти запросы.

1 тип. Сформировать множество эффектов, имеющих заданный физический объект и заданный выходной результат. Ключом запроса являются поля записи наименований физического объекта и выходного результата. Запрос покрывает решение таких технических задач, как поиск для некоторой известной технической системы или технологического процесса нового источника сырья или энергии.

2 тип. Найти возможные последовательности взаимосвязанных эффектов, преобразующих заданное входное воздействие в заданный выходной результат. Найденная последовательность физического эффекта может служить основой функционирования некоторой технической системы, т. е. представлять собой принцип действия этой системы.

3 тип. Сформировать множество эффектов, имеющих заданный физический объект и заданное входное воздействие. Запрос соответствует технической системе, нового ее применения.

4 тип. Найти множество эффектов, имеющих заданный выходной результат. Запрос соответствует технической задаче создания устройств для генерирования энергии, получения некоторого вещества, например, излучателя магнитного поля, ультразвука и т. п.

5 тип. Сформировать множество эффектов, имеющих заданное входное воздействие. Запрос покрывает решение таких задач, как поиск устройств для поглощения каких-то веществ, энергии, для преобразования или нейтрализации вредных воздействий, для регистрации заданного входного воздействия.

6 тип. Сформировать множество эффектов, имеющих заданный физический объект. Данный запрос полезен при решении задач создания устройств для определения создания

каких-то свойств физического объекта, регистрации этих свойств в зависимости от изменения в физическом объекте.

Кроме приведенного набора запросов при решении технических задач проектировщика может интересовать различная информация об отдельном физическом эффекте. Например, «в каких литературных источниках подробно описан данный эффект», «в чем состоит сущность данного эффекта» и т. д. Ключом такого сорта запросов является наименование физического эффекта. Обработка запроса состоит в выдаче содержания соответствующих полей записи физического эффекта. Будем относить все запросы такого вида к запросам 7-го типа.

Отметим, что запросы всех типов могут реализоваться путем обращения к глобальной базе физических эффектов, но для реализации запроса 2-го типа целесообразно сформировать локальную базу в виде графа возможных взаимосвязей эффектов между собой. Создание такой локальной базы дает все преимущества глобальной базы. В дальнейшем рассматривается реализация запроса 2-го типа.

Для получения ответа на запрос 2-го типа достаточным является представление отдельные ФЭ в виде совокупности трех компонент:

$$W = \langle A, B, C \rangle \quad (1)$$

где  $A$  – входное воздействие;  $B$  – физический объект;  $C$  – выходной результат, получаемый от действия  $A$  на объект  $B$ . Отметим, что компоненты  $A$  и  $C$  задаются как элементы одного словаря фраз естественного языка, что позволяет осуществлять на качественном уровне увязку взаимодействия физических эффектов между собой.

В таблице 1 приведены примеры описаний некоторых физических эффектов по форме (1). Эти описания могут быть получены проекцией трех соответствующих полей из записей физических эффектов в глобальной базе.

Таблица 1

Описание физических эффектов

Table 1

Description of physical effects

Наименование физического эффекта	Входное воздействие	Физический объект	Выходной результат
Пьезоэффект	Деформация	Кристаллы некоторых веществ	Электрическое поле
Эффект Холла	Электрический ток Магнитное поле	Полупроводник	Электрическое поле
Эффект Гаяна	Электрическое поле	Полупроводник	Электрический ток

Отметим, что основой принципа действия технического устройства является последовательность ФЭ из фонда ФЭ:

$$\langle A_1, B_1, C_1 \rangle, \langle A_2, B_2, C_2 \rangle, \dots, \langle A_k, B_k, C_k \rangle \quad (2)$$

Предполагается совместимость эффектов по входным воздействиям и входным результатам, т. е. входное воздействие последующего физического эффекта совпадает качественно с выходным результатом предыдущего физического эффекта. Это условие можно записать в виде ограничений:

$$A_{i+1} = C_i, \text{ где } i = \overline{1, k-1} \quad (3)$$

Совместимость физических эффектов здесь предполагается на качественном уровне, т. е. означает совпадение наименований, соответствующих выходных результатов и входных воздействий. Вообще говоря, можно рассматривать более «жесткое» понятие совместимости на количественном уровне, с учетом величин и интервалов значений параметров, которые характеризуют входные воздействия и выходные результаты ФЭ, но это выходит за рамки настоящей работы.

Физический эффект может иметь несколько входных воздействий, наличие которых обязательно для приведения физического эффекта в действие, и несколько выходных результатов. Поэтому в последовательности физических эффектов, представляющей собой физическую основу функционирования технического устройства, необходимо реализовать все входные воздействия каждого физического эффекта. В связи с этим, решение задачи обработки запроса 2-го типа может иметь сложную древовидную структуру.

Задачу обработки запросов 2-го типа можно сформулировать следующим образом. Пусть имеется некоторое множество ФЭ, представленных в форме (1). Этому множеству сопоставим локальную базу данных в виде двудольного графа  $G = (x', x'', U)$ , где вершинам множества  $x'$  соответствует ФЭ, а вершинам на  $x''$  – входные воздействия и выходные результаты  $A, C$ . Граф  $G$  имеет дугу  $\vec{U}(x, y) \in U$ , где  $x \in X$ ,  $y \in X$ , если  $x$  соответствует выходному результату эффекта  $y$ ; в дугу  $\vec{U}(x, y)$ , если  $x$  выходному результату эффекта  $y$ . Полагаем также, что граф  $G$  построен на множестве ФЭ, не имеющем «усилителей», т. е. эффектов, в которых входное воздействие совпадает с выходным результатом.

Предположим, что для каждой вершины  $x \in X$  на парах дуг  $(U, V)$  (дуга  $U$  входит в  $x$ , а дуга  $V$  выходит из  $x$ ) определены предикаты  $\Delta_x(U, V)$ . Полагаем, что если  $\Delta_x(U, V) = 1$ , то эффект, из которого выходит дуга  $U$ , совместим с эффектом, в который входит дуга  $V$ , через воздействие  $X$ . Если  $\Delta_x(U, V) = 0$ , то совместимости между эффектами нет. Тем самым решение вопроса совместимости физических эффектов может быть передано процедуре вычисления предикатов  $\Delta_x(U, V)$ . В простейшем случае качественной совместимости предикаты  $\Delta_x(U, V)$  тождественно равны 1. Более сложный случай определения  $\Delta_x(U, V)$  рассмотрен ниже. Отметим только, что чем больше информации привлекается для проверки совместимости ФЭ, тем более «тонким» является определение  $\Delta_x(U, V)$ .

Простой путь к графе  $G$ :

$$X_0 U_1 X_1 U_2 X_2 \dots X_i U_i X_{i+1} \dots X_{j-1} U_j X_j \quad (4)$$

Будем называть правильным, если для любой вершины  $x_j \in X'$ , входящей в этот путь, выполняется условие стыковки ФЭ, т. е. предикат

$$\Delta_{x_0}(U_i, V_{i+1}) = 1.$$

Предположим, что в графе  $G$  имеется две поперечные вершины  $X_0$  и  $Y_0$  из  $X'$ . Эти вершины играют роль исходных данных для решения задачи обработки запросов 2-го типа. Решением задачи назовем  $D(X_0, Y_0)$  – множество всех простых правильных путей, обладающих следующими свойствами:

- хотя бы один правильный путь  $\chi_0 \Gamma_1 \chi_1 \Gamma_2 \chi_2 \dots \chi_m \Gamma_m = H_0$  входит в решение;

- если вершина  $x \in X''$  входит в путь, включенный в решение, то для каждой дуги  $V$ , входящей в  $X$ , в решение включен один из простых правильных путей, начинающийся из вершины  $X_0$  и оканчивающийся дугой  $V$ .

Из определения решения  $D(X_0, Y_0)$  следует, что если в графе  $G$  сменить ориентацию всех дуг, то его можно рассматривать как И-ИЛИ граф  $G$ , где роль И вершин играют вершины из  $X'$ , а роль ИЛИ вершин –  $X''$ .

Таким образом, можно сформулировать следующие задачи:

В графе  $G$  по заданным вершинам  $X_0, Y_0$  найти все решения  $D(X_0, Y_0)$ .

Выбрать наиболее эффективное решение из найденного множества решений.

Для решения первой задачи предполагается алгоритм, который строит множество всех решений в виде И-ИЛИ дерева. В корне дерева

находится вершина  $y_0$ . Дерево строится путем просмотра графа  $G$  методом «сначала вглубь», начиная с вершины  $y_0$ , до тех пор, пока всем висячим вершинам не будет соответствовать вершина  $x$ , графа  $G$ . Вершины дерева, соответствующие вершинам на  $X'$ , являются И вершинами, остальные – ИЛИ вершины. Построенное дерево обладает свойством: на любом пути из корня в висячую вершину  $x_0$  вершины из множества  $X'$  не встречаются более одного раза. Это означает, что из решений исключены «усилители» длиной более 1, т. е. части цепочек ФЭ, у которых начальное входное воздействие совпадает с конечным выходным результатом.

Алгоритм одновременно вычисляет мощность множества решений. Математическое обоснование правильности работы алгоритма основано на свойствах решений на И-ИЛИ дереве. Ниже приводится описание алгоритма.

Шаг 0.  $x = y_0$ .  $p = 1$ . Обнулить массив  $Z$  и включить  $X$  в дерево в качестве корня.

Примечание.  $p$  – параметр рекурсии;  $Z[\dots]$  – массив счетчиков размерности, равной максимальной длине пути в графе  $G$ .

Шаг 1.  $z[p] = z[p] + 1$ .

Шаг 2. Если  $z(p) > a(x)$ , то перейти к шагу 10.

Примечание.  $a(x)$  – число дуг, входящих в вершину  $x$

Шаг 3.  $y = R(x, z[p])$ ; включить вершину  $y$  в дерево.

Примечание.  $R(x, i)$  – процедура выбора вершины  $y$  такой, что:

из  $y$  в  $x$  имеется дуга

для вершины  $x$  эта дуга имеет среди всех входящих в нее дуг номер  $i$ .

Шаг 4. Если вершина  $y$  уже встречалась в дереве на пути их корня  $y_0$  в вершину  $x$ , то перейти к шагу 7.

Шаг 5. Если  $x \in X'$ , то перейти к шагу 8.

Шаг 6. Проверить условие стыковки дуг, по которым вошли в  $x$  и  $y$ . Если условие стыковки выполнено, то перейти к шагу 8.

Шаг 7. Пометить запретом вершину  $y$  в дереве и перейти к шагу 1.

Шаг 8. Если  $y = x_0$ , то приписать вершине  $y$  в дереве все 1 и перейти к шагу 1.

Шаг 9.  $x = y$ ,  $p = p + 1$ , перейти к шагу 1.

Шаг 10. Вычислить  $\beta(x)$  – число запрещенных вершин-преемников вершины  $x$ .

Шаг 11. Если  $x \in X'$ , то перейти к шагу 14.

Шаг 12. Если  $\beta(x) \neq a(x)$ , то приписать вершине  $x$  в дереве вес, равный сумме незапрещенных вершин-преемников  $x$ , и перейти к шагу 15.

Шаг 13. Поместить запретом вершину  $x$  в дереве и перейти к шагу 15.

Шаг 14. Если  $\beta(x) = 0$ , то приписать вершине  $x$  в дереве вес, равный произведению весов вершин-преемников, и перейти к шагу 15.

Шаг 15. Восстановить по дереву значение  $x$  из  $x$ , т. е. присвоить  $x$  значение вершины – «отца» вершины  $x$ .

Шаг 16. Если  $p = 0$ , то перейти к шагу 1.

Шаг 17. Конец.

Примечание. Алгоритм решает первую задачу – строит в виде И-ИЛИ дерева все возможные решения  $D(X_0, Y_0)$ . Каждое решение  $D(X_0, Y_0)$  является решением на И-ИЛИ дерева в смысле, определенном в главе 3. Поэтому для решения второй задачи – выбора наиболее эффективного решения из найденного множества, можно воспользоваться методами, которые изложены в [2, 3]. Например, для аддитивных показателей, определенных на каждом физическом эффекте, можно решать задачу поиска решения о минимальном (максимальном) значении показателя: коэффициентов полезного действия преобразования, стоимости реализации принципа действия и т. д.

Выше уже отмечалось, что понятие стыковки физических эффектов можно определять заданием предиката  $\Delta_x(U, V)$ . Одним из возможных способов является непосредственное определение предиката на каждой паре дуг  $(U, V)$  ( $U$  – входит в вершину  $x \in X'$  и  $V$  – выходит из нее). Тогда каждой вершине  $x \in X'$  сопоставляется матрица из нулей и единиц размерностью  $m_x \cdot n_x$ , где  $m_x, n_x$  – число входящих и исходящих дуг вершины  $x$  соответственно. Эта матрица определяет предикат  $\Delta_x(U, V)$ . Достоинством данного способа является его универсальность и высокая трудоемкость получения этих матриц.

Следуя по пути использования более полной информации о физических эффектах для вычисления предиката стыковки, можно предложить другой способ. Будем представлять входное воздействие и выходной результат в описании ФЭ в виде четырех компонент: наименование воздействия, характеристика воздействия, функция, характеристика функции. В этом случае каждой дуге графа  $G$  будет соответствовать четырехмерный вектор. Например, эффект Дембера [1] можно представить в виде:

$$(A^1, A^2, A^3, A^4) B (C^1, C^2, C^3, C^4) \quad (6)$$

где  $A^1$  – «электромагнитное поле»;  $A^2$  – «видимая часть спектра»;  $A^3$  – «увеличение напряженности»;  $A^4$  – «монотонное»;  $C^1$  – «электрическое поле»;  $C^2$  – «постоянное»;  $C^3$  – «увеличение напряженности»;  $C^4$  – «монотонное»;  $B$  – «фотопроводящий высокоомный материал».

Структура описания физического эффекта в виде (6) дает возможность задания нескольких предикатов стыковки физических эффектов и позволяет регулировать жесткость стыковки. Пусть векторы  $(A^1, A^2, A^3, A^4)$  и  $(C^1, C^2, C^3, C^4)$  соответствуют дугам  $U$  и  $V$  графа  $G$ .

Пусть задан вектор  $\delta = (\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4)$ , где  $\delta_i = 0$  или  $1$  при  $i = 1, 4$ . Полагаем, что предикат  $P_x^{\delta_i}(U, V) = 0$ , если  $A^i \neq C^i$  при  $\delta_i = 1$ ; в остальных случаях  $P_x^{\delta_i}(U, V) = 1$ . Равенство  $A^i = C^i$  означает совпадение соответствующих фраз в словаре.

Определим предикат стыковки следующим образом:

$$\Delta_x^\delta(U, V) = \prod_{i=1}^4 P_x^{\delta_i}(U, V), \quad i = 1 \quad (7)$$

В частности, если  $\delta = (1, 0, 0, 0)$ , то предикат  $\Delta_x^\delta(U, V)$  определяет уже упоминавшуюся ранее стыковку по наименованиям входных воздействий и выходных результатов. Отметим,

что чем больше единиц содержит вектор  $\delta$ , тем более «жестким» является условие стыковки ФЭ. Таким образом, определение (7) дает проектировщику возможность варьировать понятием стыковки.

Определение (7) предполагает, что словари воздействий, характеристик воздействий, функций, характеристик функций состоит из отдельных фраз естественного языка. Поэтому сравнение фраз может осуществляться только по равенству. В случае, если эти словари содержат информацию о подчиненности фраз (например, «увеличение» есть частный случай «изменение», то можно построить предикат стыковки, более слабый, чем (7). Для предиката, входящего в выражение (7), положим:  $P_x^{\delta_i}(U, V) = 0$ , если  $\delta_i = 1$ ,  $A^i \neq C^i$  и  $A^i$  не подчинен  $C^i$  в словаре; в остальных случаях  $P_x^{\delta_i}(U, V) = 1$ .

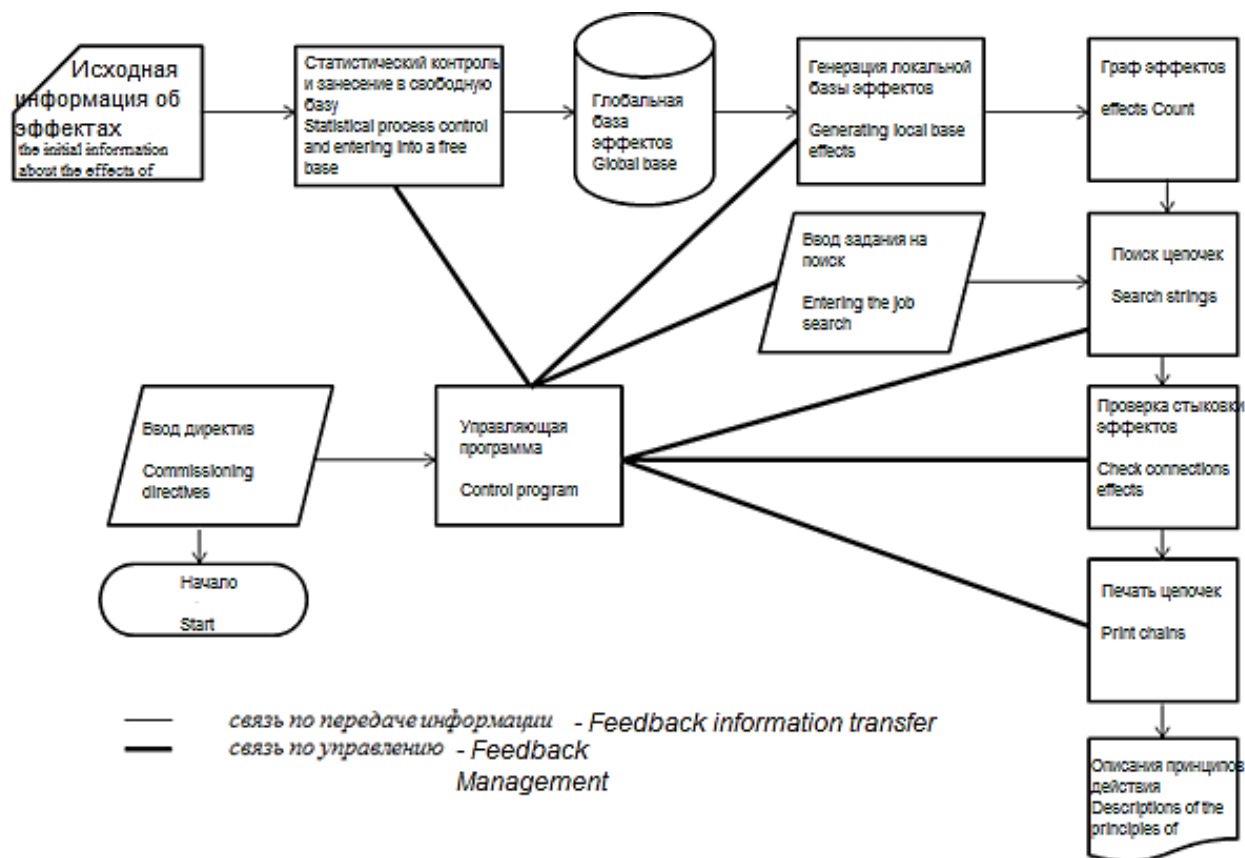


Рисунок 1. Общая схема программы обработки запросов второго типа

Figure 1. General diagram of the processing program of the second type of requests

### Заключение

Программная реализация задачи обработки запросов 2-го типа осуществлена на языке СИ. Блок-схема программы приведена на рисунке 1. Управление работой программы осуществляется с помощью директив, которые

подготавливаются на перфокартах, либо вводятся непосредственно с терминала. В последнем случае работа происходит в режим диалога. Среди директив имеются директивы ввода ограничения на количество эффектов в последовательности физических эффектов, директива задания предикатов стыковки в виде (7).

## ЛИТЕРАТУРА

1 Арутюнян А.Ю. Анализ методов управления качеством дорожных покрытий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. 2014. Т. 2. № 5–4. С. 17–21.

2 Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Ширинкин Н.В., Стукалов Р.В. Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщенная модель их решения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4(66). С. 93–98.

3 Макаров О., Ю., Рогозин Е.А., Хвостов В.А. Метод построения информационной структуры автоматизированной системы при нормировании требований к информационной безопасности // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7 № 9. С. 61–64.

4 Скрыпников А.В., Умаров М.М., Чернышова Е.В. Роль состояния лесовозных автомобильных дорог в обеспечении удобства и безопасности движения в неблагоприятные периоды года // Актуальные вопросы науки, технологии и производства. 2015. № 2 (6). С. 66–67

5 Demers A.J. Epidemic Algorithms for Repliated Database Maintenance // ACM Symp. Principles of Distributed Computing. 1987. P. 5–12.

6 Six J. Application Security for the Android Platform. Processes, Permissions, and Other Safeguards. CA, O'Reilly Media, 2011. 2 p.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Евгений Д. Чертов** д. т. н., профессор, кафедра технической механики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия

**Алексей В. Скрыпников** д. т. н., профессор, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия, skrypnikovvsafe@mail.ru

**Александр В. Буданов** д. ф.-м. н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия

**Геннадий И. Котов** д. ф.-м. н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия

## КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Евгений Д. Чертов** предложил модель организационного управления деятельностью крупных предприятий, консультация в ходе исследования

**Алексей В. Скрыпников** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент

**Александр В. Буданов** выполнил расчеты

**Геннадий И. Котов** написал рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 25.07.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.08.2016

## REFERENCES

1 Autyunyan A.Yu. Analysis of quality management of road surfaces. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy xxi veka [Recent research trends of the XXI century: Theory and Practice: Proceedings of the Materials International correspondence scientific-practical conference] 2014, vol. 2, no. 5–4, pp. 17–21. (in Russian)

2 Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Shirinkin N.V., Stukalov R.V. Study design challenges of complex logistics and a generalized model of their solutions. *Vestnik VGUET* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technology] 2015, no. 4 (66), pp. 93–98. (in Russian)

3 Makarov O.Yu., Rogozin E.A., Khvostov V.A. The method of construction of the automated information system structure at standardizing the requirements for information security. *Vestnik VGTU* [Bulletin of Voronezh State Technical University] 2011, vol. 7, no. 9, pp. 61–64. (in Russian)

4 Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Chernyshova E.V. The role of the state of logging roads to ensure comfort and driving safety in adverse seasons. *Aktual'nye voprosy nauki, tekhnologii i proizvodstva* [Actual problems of science, technology and production] 2015, no. 2 (6), pp. 66–67 (in Russian)

5 Demers A.J. Epidemic Algorithms for Repliated Database Maintenance. ACM Symp. Principles of Distributed Computing, ACM Press, 1987. pp. 5–12.

6 Six J. Application Security for the Android Platform. Processes, Permissions, and Other Safeguards. CA, O'Reilly Media, 2011. 2 p.

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Evgenii D. Chertov** doctor of technical sciences, professor, technical mechanics department, Voronezh state university of engineering technology, 19 Revolution Avenue, Voronezh, Russia

**Aleksei V. Skrypnikov** doctor of technical sciences, professor, information security department, Voronezh state university of engineering technology, 19 Revolution Avenue, Voronezh, Russia, skrypnikovvsafe@mail.ru

**Aleksandr V. Budanov** doctor phys.-math. sciences, physics, heat and power system department, Voronezh state university of engineering technology, 19 Revolution Avenue, Voronezh, Russia

**Gennadii I. Kotov** doctor phys.-math. sciences, physics, heat and power system department, Voronezh state university of engineering technology, 19 Revolution Avenue, Voronezh, Russia, giktv@mail.ru

## CONTRIBUTION

**Evgenii D. Chertov** proposed model optimization and traffic control, consultation in the course of the study

**Aleksei V. Skrypnikov** review of the literature on the researched topic, conducted an experiment

**Aleksandr V. Budanov** performed calculations

**Gennadii I. Kotov** proposed to determine the distance from the places of concentration of traffic accidents to use the method of calculating the overtaking path

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.25.2016

ACCEPTED 8.22.2016