

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ АДАПТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

**В. Д. Чертовской<sup>а</sup>**, доктор техн. наук, профессор

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, РФ

**Введение:** для работы предприятий в современных рыночных условиях характерно резкое повышение динамичности внешней среды, что выражается в быстром изменении спроса из-за изменения заказов, появления новых видов продукции, потребности в повышении конкурентоспособности. Изменяется, таким образом, состав вектора цели функционирования системы, что требует оперативного перехода на выпуск новой продукции. Компенсация изменения цели осуществляется путем изменения структурных связей производства, т. е. применением адаптивного режима. Одновременно применение компьютерной системы управления позволяет ввести оптимальные режимы работы, что очень важно для повышения конкурентоспособности. **Цель исследования:** выявление возможностей адаптивных автоматизированных систем управления производством для создания математической модели. **Методы:** однородный метод, базирующийся на прямой и обратной задачах оптимального статического линейного программирования. **Результаты:** построена адаптивная оптимальная трехуровневая модель, отличающаяся системным характером описания процесса планирования в автоматизированной системе управления производством. Представлены структура и технология работы модели. В системном методе описания процесса согласованы и объединены как известные, так и предложенные автором локальные методы. Среди предложенных — метод генерации данных в технологической цепочке и верхнем уровне системы, методы согласования экономических интересов структурных элементов с использованием равновесия по Нэшу и векторной оптимизации. Рассмотрена специфика моделирования для систем малой и высокой размерности. Выявлено, что малоразмерная, простая по структуре модель позволяет оперативно проверить основные теоретические положения. Высокоразмерная модель необходима для прикладного управления действующим производством. **Практическая значимость:** сформированная системная модель может быть использована как для исследования процесса планирования в системе, так и для прямого планирования в составе автоматизированной системы управления производством, работающей и в традиционном режиме, и в адаптивном режиме оперативного перехода на выпуск новой продукции с предварительным определением его целесообразности.

**Ключевые слова** — моделирование, системная модель, планирование, трехуровневая структура, адаптивная автоматизированная система управления производством.

## Введение

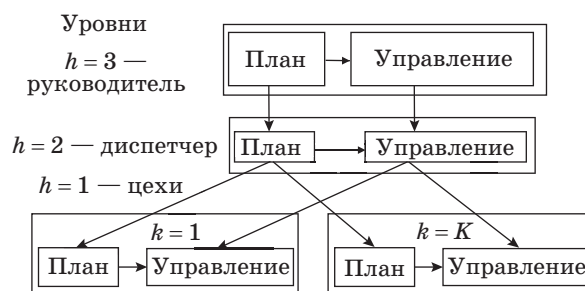
Для автоматизации управления предприятием при плановой экономике с малодинамичной внешней средой использовались традиционные системы [1]. В то же время рыночные условия работы предприятий характеризуются резким повышением динамичности внешней среды, которое выражается в динамичном изменении спроса из-за изменения заказов, появления новых видов продукции, потребности в повышении конкурентоспособности. Изменяется, таким образом, состав вектора цели функционирования системы, что требует оперативного перехода на выпуск новой продукции. Компенсация изменения цели осуществляется путем изменения структурных связей производства, которые могут осуществляться по указанию извне (интеллектуальные системы) или при выработке внутреннего решения (интеллектуальные системы).

Возникает, следовательно, необходимость исследования возможностей нового класса адаптивных автоматизированных систем управления производством (ААСУП). Изучение возможностей

подобных систем предполагает рассмотрение двух составляющих: математического описания и компьютерной реализации систем.

## Математическое описание

В работе [2] показано, что такие системы, охватывающие подсистемы технико-экономического планирования и оперативного управления основным производством, характеризуются трехуровневой структурой (рис. 1).



■ **Рис. 1.** Структура трехуровневой системы

В силу специфических особенностей таких систем автором предложен и новый глобальный метод описания [3], получивший название «однородный». Он представляет собой совокупность (интеграцию) широко распространенной задачи статического линейного программирования (СЛП) и разностных уравнений. Описание уровней системы управления получило следующий вид.

**Уровень управления  $h = 3$ .**

$$\mathbf{P}(T) \geq \mathbf{R}(T), \mathbf{P}(t_i) = \mathbf{P}(t_{i-1}) + \mathbf{p}(t_i); \quad (1)$$

$$\mathbf{z}(t_i) = \mathbf{A}\mathbf{z}(t_{i-1}) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t_{i-1}), \mathbf{z}(0) = \mathbf{z}_0; \quad (2)$$

$$\mathbf{p}(t_i) = \mathbf{C}\mathbf{z}(t_i); \quad (3)$$

$$\mathbf{D}\mathbf{p}_1(t_i) \leq \mathbf{b}(t_{i-1}); \quad (4)$$

$$G(\mathbf{P}) = \mathbf{F}\mathbf{P} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $\mathbf{P}, \mathbf{p}$  — векторы текущего плана и плана с накоплением;  $\mathbf{R}$  — вектор спроса;  $\mathbf{z}$  — вектор незавершенного производства;  $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$  — матрицы соответствующих размерностей;  $\mathbf{D}$  — матрица норм расходов;  $\mathbf{p}_1$  — вектор запуска комплекта материалов в производство;  $\mathbf{b}$  — вектор имеющегося количества ресурсов;  $\mathbf{F}$  — вектор прибыли от выпуска единицы продукции;  $T, t_i = iv$  — интервалы времени;  $i = 1, N; T = Nv$ . Основу однородного метода составляет задача СЛП, которую назовем прямой задачей, в виде выражений (4), (5). Выражения (1)–(3) трансформируют задачу СЛП в задачу динамического линейного программирования.

**Уровень управления  $h = 1$ .**

$$\mathbf{z}_k(t_i) = \mathbf{A}_k\mathbf{z}_k(t_{i-1}) + \mathbf{B}_k\mathbf{p}_k(t_{i-1}), \mathbf{z}_k(0) = \mathbf{z}_{k0}; \quad (6)$$

$$\mathbf{p}_k(t_i) = \mathbf{C}_k\mathbf{p}_k(t_i); \quad (7)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{D}_1^m \mathbf{p}_1(t_i) \leq \mathbf{b}^m(0); \quad (8)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{p}_k(t_i) < \mathbf{P}(T); \quad (9)$$

$$\mathbf{D}_k^\Psi \mathbf{p}_k(t_i) \leq \mathbf{b}_k^\Psi(t_{i-1}); \quad (10)$$

$$\mathbf{D}_k^m \mathbf{p}_k(t_i) \leq \mathbf{b}_k^m(t_i); \quad (11)$$

$$\mathbf{b}_k^\Psi(t_i) = \mathbf{b}_k^\Psi(t_{i-1}) + \Delta \mathbf{b}_k^\Psi(t_{i-1}); \quad (12)$$

$$G_k = \mathbf{F}_k \mathbf{P}_k(T) \rightarrow \max, \quad (13)$$

$$i = 0, N - 1, t_i = iv, t_0 = 0, T = Nv,$$

где  $\mathbf{z}, \mathbf{p}$  — вектор-столбцы (планового) незавершенного производства и ежедневного плана;  $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$  — матрицы, отражающие динамику процесса планирования;  $\mathbf{p}_1$  — вектор-столбец запуска комплектов ресурсов в производство;  $\mathbf{D}$  — ма-

трица норм расходов ресурсов;  $\mathbf{b}$  — вектор-столбец наличного количества ресурсов;  $\mathbf{b}^m(0)$  — вектор количества материальных ресурсов, которыми располагает уровень  $h = 3$ ;  $\Delta \mathbf{b}$  — вектор поступления ресурсов;  $\mathbf{F}$  — вектор-строка прибыли от выпуска единицы продукции;  $\mathbf{P}$  — вектор-столбец плана уровня  $h = 3$ ;  $t_i, T$  — минимальный интервал времени и время моделирования;  $m = 1, M$  — виды материальных ресурсов;  $\psi = 1, \Psi$  — виды прочих ресурсов;  $i = 1, N$  — моменты времени;  $k$  — номер подразделения,  $k = 1$ .

**Уровень управления  $h = 2$ .**

Выражения (11), (13) в описании уровня  $h = 1$  заменяются соответственно на выражения

$$\mathbf{D}_k^m \mathbf{p}_{1k}(t_i) \leq \mathbf{p}_{1,k-1}^m(t_{i-1}); \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^I G_k(t_i) \rightarrow \max. \quad (15)$$

Связи между уровнями  $h = 2$  и  $h = 3$  имеют следующий вид:

$$\mathbf{D} = \prod_{k=1}^K \mathbf{D}_k; \quad (16)$$

$$G = \sum_{k=1}^{K-1} \mathbf{F}_K \prod_{r=k-1}^K \mathbf{D}_r \mathbf{P}_K(t_i) \rightarrow \max, \quad (17)$$

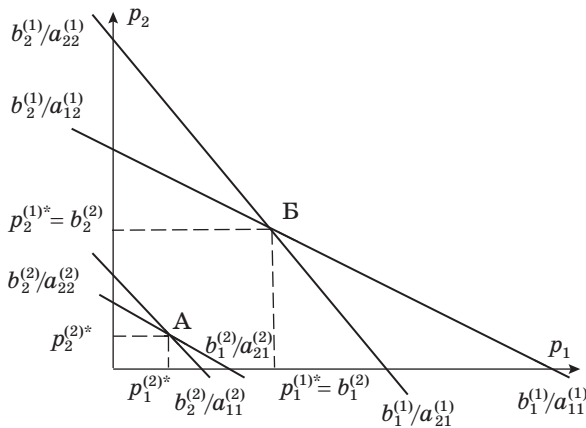
где  $r = \begin{cases} k+1, k, K \\ 0, k = K \end{cases}$ ;  $\mathbf{D}_0 = \mathbf{I}$ ,  $\mathbf{I}$  — единичная матрица.

Следует отметить, что однородный метод предложен автором в 90-е годы XX века [3]. В связи с этим полезно посмотреть, появились ли альтернативные методы описания. Анализ современной литературы [4–10] дает в целом отрицательный ответ. В то же время вызывает интерес работа [6], в которой для трудно формализуемых процедур предложены активные методы (механизмы), многие из которых базируются на задаче СЛП. Однако рассматриваются преимущественно автономные процедуры с двухуровневой веерной структурой, и лишь в некоторых случаях учитываются горизонтальные связи (в виде обмена информацией) между элементами нижнего уровня.

Прямую задачу (4), (5) можно представить в виде таблицы. Там же показана обратная задача, полезная при генерации данных.

■ Виды задач СЛП

Задача	Дано	Найти
Прямая	Векторы $\mathbf{R}, \mathbf{b}, \mathbf{F}$ , матрица $\mathbf{D}$	Вектор $\mathbf{P}$
Обратная	Векторы $\mathbf{R}, \mathbf{P}, \mathbf{F}$ , матрица $\mathbf{D}$	Вектор $\mathbf{b}$



■ **Рис. 2.** Соотношение областей определения в цепочке линейного программирования: все  $a, b, p$  больше единицы

Поскольку основу однородного метода составляет задача СЛП, целесообразно дополнительно исследовать ее свойства [11, 12], полезные в дальнейшем. Для отдельных элементов справедливы следующие свойства.

**Свойство 1.** Пусть  $F$  — вектор-строка целевой функции,  $d$  — скаляр. Если заменить вектор  $F$  на  $Fd$  при неизменных ограничениях, то значение целевой функции увеличится в  $d$  раз.

**Свойство 2.** Если при начальном векторе плана  $P$  вектор ограничений  $b$  заменить на  $bd$  при прежней матрице норм расходов ресурсов, то значение вектора плана станет  $Pd$ , а значение целевой функции изменится в  $d$  раз.

**Свойство 3.** Если матрицу ограничений  $A$  изменить на  $Ad$  при прежнем векторе  $b$ , то вектор плана получит значение  $P/d$ .

Для горизонтально связанных задач СЛП полезно следующее свойство. Пусть имеются два по-

следовательных элемента, которые в соответствии с таблицей имеют такое описание:

— первый элемент:

даны векторы  $R_1, b_1, F_1$ , матрица  $D_1$ ,  
найти вектор  $P_1$ ; (18)

— второй элемент:

даны векторы  $R_2, b_2, F_2$ , матрица  $D_2$ ,  
найти вектор  $P_2$ . (19)

Связь элементов определяется выражениями

$$P_1 = b_2. \quad (20)$$

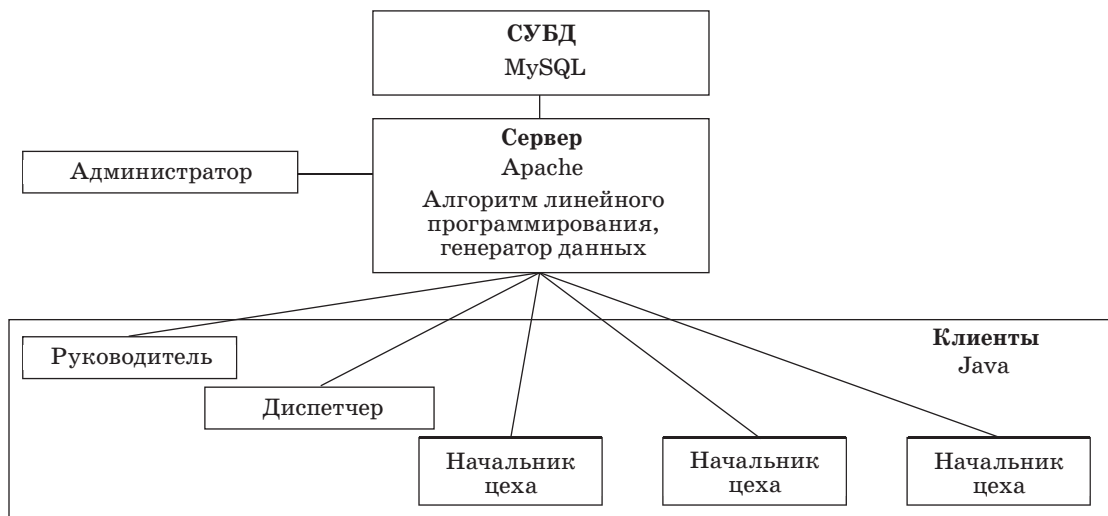
Если все значения в векторах  $b, F$  и в матрице  $D$  второго элемента больше единицы, то области определения соотносятся так, как показано на рис. 2. Если перечисленные коэффициенты менее единицы, то точки  $A$  и  $B$  меняются местами.

### Компьютерная реализация

Общая схема компьютерной реализации показана на рис. 3.

В технологии работы модели (рис. 4) можно выделить два этапа: согласованный (по целевым функциям) режим (этап 1); несогласованный режим (этап 2).

**Этап 1.** Рассмотрим один интервал времени. Первоначально администратор генерирует на основе обратной задачи СЛП (см. таблицу) числовые данные для цепочки локальной модели диспетчера. При этом соблюдаются условия (14), обеспечивающие согласование экономических интересов структурных элементов. Полученные данные, за исключением планов  $P$ , вводятся в базу данных (БД). Затем на основе данных модели



■ **Рис. 3.** Схема компьютерной реализации

диспетчера администратором генерируются данные уровня руководителя, которые (исключая планы) вводятся в БД.

Затем по той же схеме рассчитываются и вносятся в БД планы диспетчера и начальников цехов. Работы с одним интервалом времени заканчиваются, и перечисленные процедуры повторяются для остальных интервалов времени. Создается, таким образом, модель с согласованными экономическими интересами. Этап одновременно предназначен для настройки модели.

Теперь можно перейти к этапу 2 (см. рис. 4).

*Этап 2.* Снова рассмотрим первоначально один интервал времени. Если критерии нестоимостные, то их следует трансформировать в стоимостные.

Администратором генерируются данные согласованного режима для уровня диспетчера, а затем — для уровня руководителя. Для уровня руководителя данные передаются в БД.

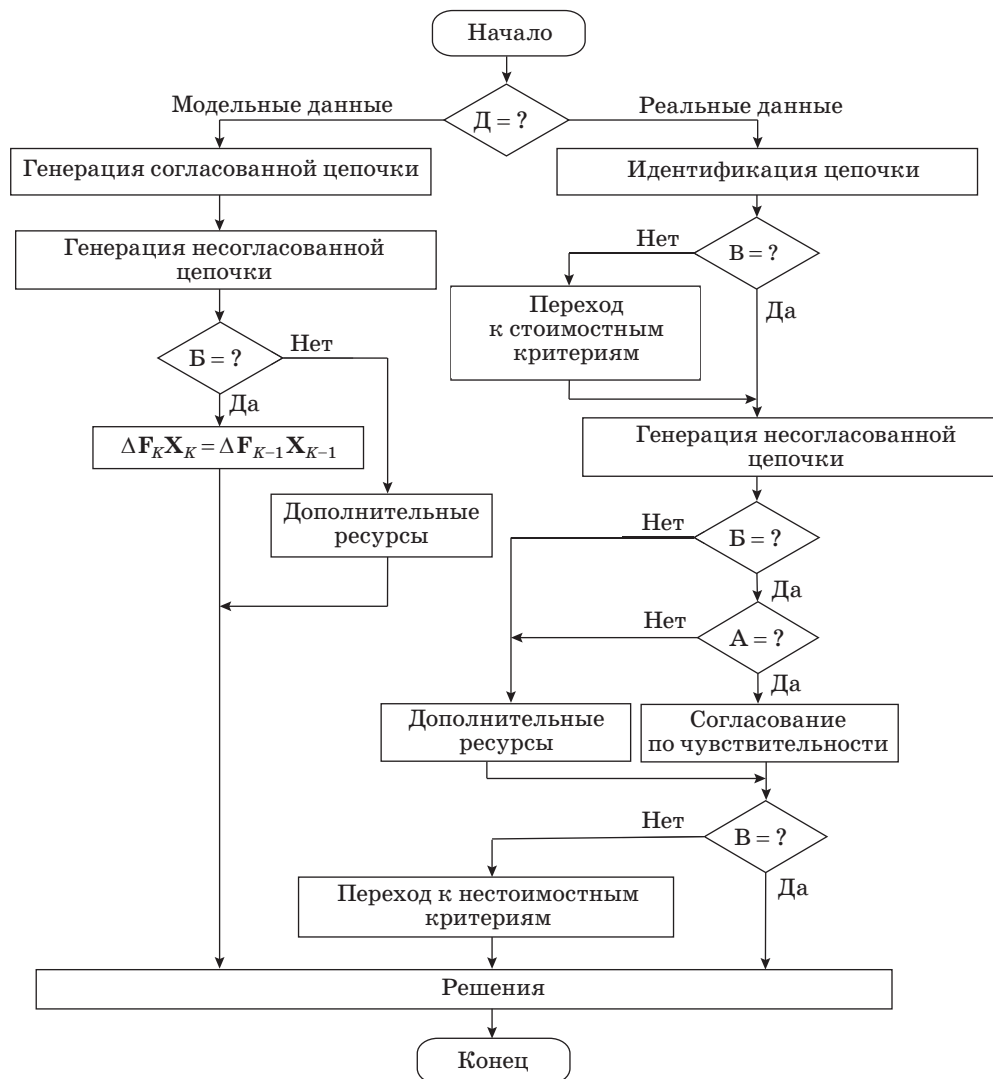
Далее для уровня диспетчера переходят к формированию несогласованного режима. Этого можно достичь одним из следующих способов.

**С1.** Выводятся администратором последние симплекс-таблицы решения задач СЛП диспетчерской цепочки. Выявляется параметрическая чувствительность, при этом условия (14) были нарушены за счет только одного вида продукции. Полученные данные (кроме планов) записываются в БД.

**С2.** План предыдущего структурного элемента изменяется произвольно, и после этого начинается новая генерация данных этого элемента.

Идея согласования экономических интересов заключается в передаче части прибыли от одних структурных элементов к другим, что стимулирует работу последних. В согласовании возможно выделить несколько вариантов.

**В1.1.** Если целевые функции в способе С1 имеют значения одного порядка, то в последующем



■ **Рис. 4.** Идентификация (реальные данные) и генерация (модельные данные): *A* — согласование возможно; *B* — масштабы критериев соизмеримы; *B* — все критерии стоимостные

элементе выбирают вид продукции такой, что выпуск не меняется, при этом значение целевой функции снижается. «Потеря» целевой функции передается предыдущему элементу для стимулирования.

В1.2. Если масштабы целевых функций разные, то используется тот же алгоритм, но задача упрощается за счет расширенных возможностей структурных элементов с более высокими масштабами целевых функций.

В2. Если используется способ С2, то для согласования можно применить равновесие по Нэшу или векторную оптимизацию. Разные масштабы целевых функций можно свести к одинаковому, используя свойство 1 задачи СЛП.

Далее по прежней схеме рассматривается необходимое количество интервалов времени.

В некоторый момент времени администратор может изменить состав вектора спроса. Тогда рассчитываются новые планы и принимаются в случае, если они выгоднее прежних, а далее прово-

дятся расчеты по описанной ранее последовательности. При необходимости производится переход от стоимостных критериев к начальным нестоимостным.

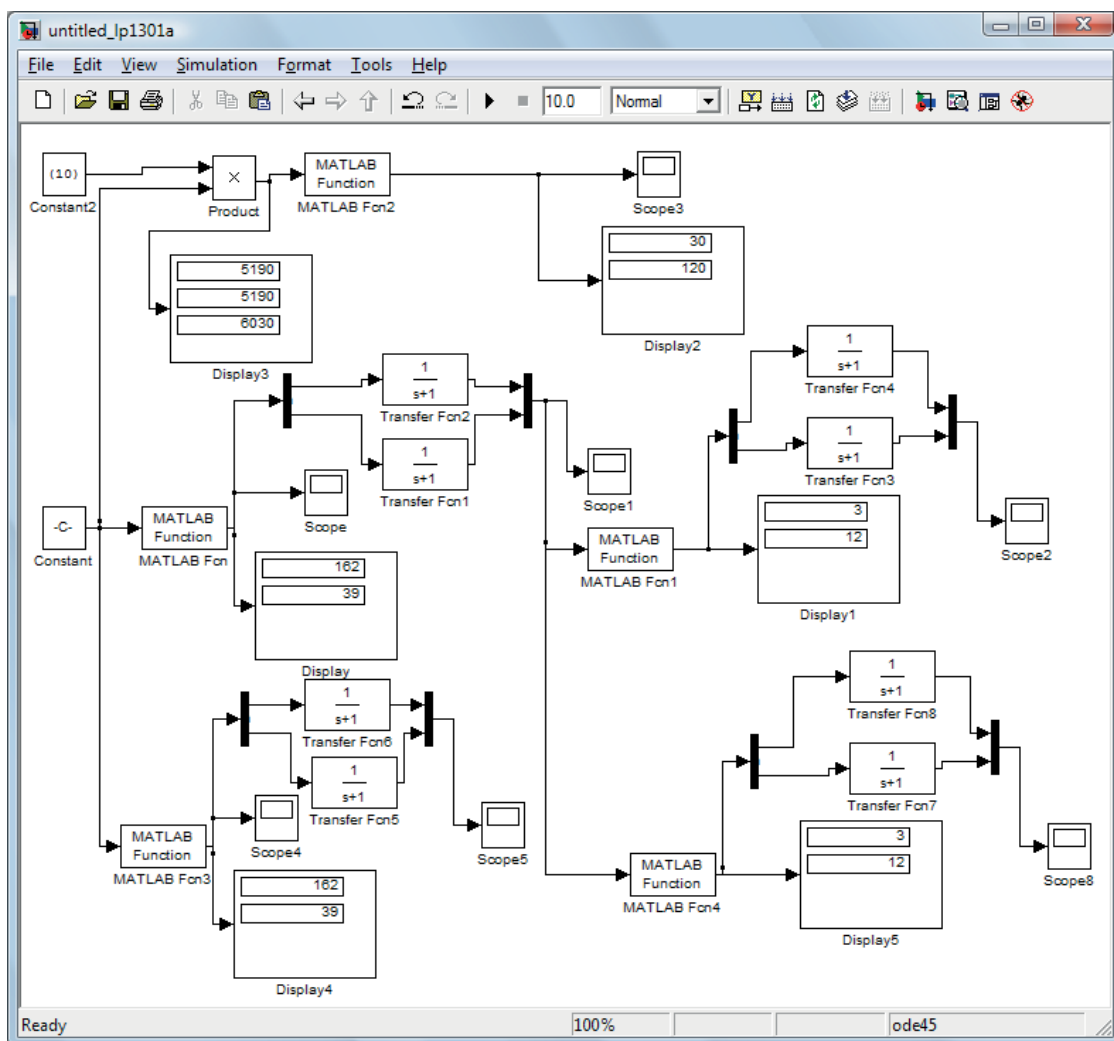
Рассмотренную системную технологию легко проверить на малой размерности. Для нее не нужны БД, а пользователи компьютера последовательно выполняют роли администратора и клиентов. Схема такой модели приведена на рис. 5.

При реальной размерности схема рис. 3 используется в явном виде.

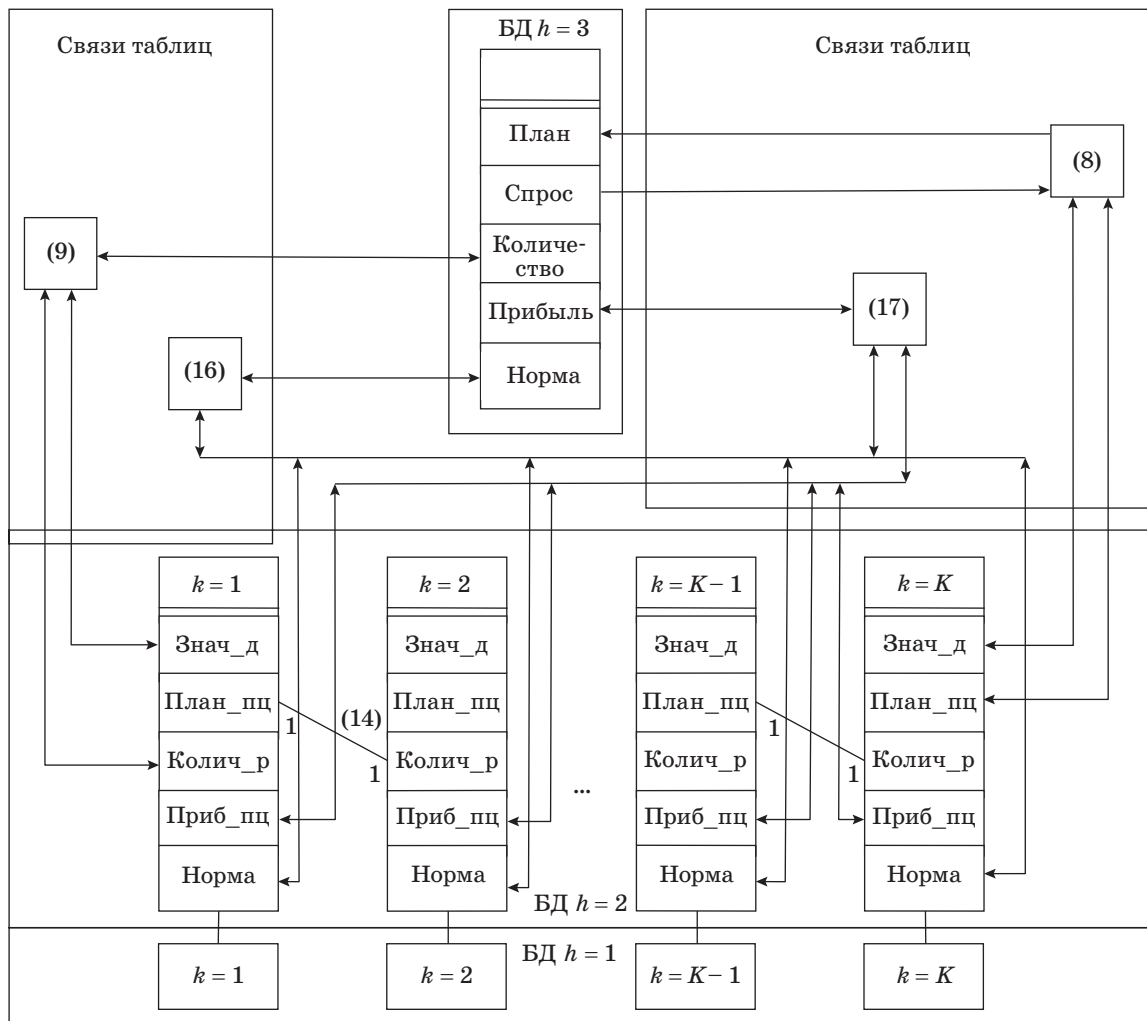
Процедура выбора программных средств на основе сформулированных требований к ним, учитывающих особенности системы, описана в работах [13, 14] (см. рис. 3).

Целесообразно построить единое информационное пространство [15–17], для чего необходимо сформировать в сервере БД многоуровневую базу данных.

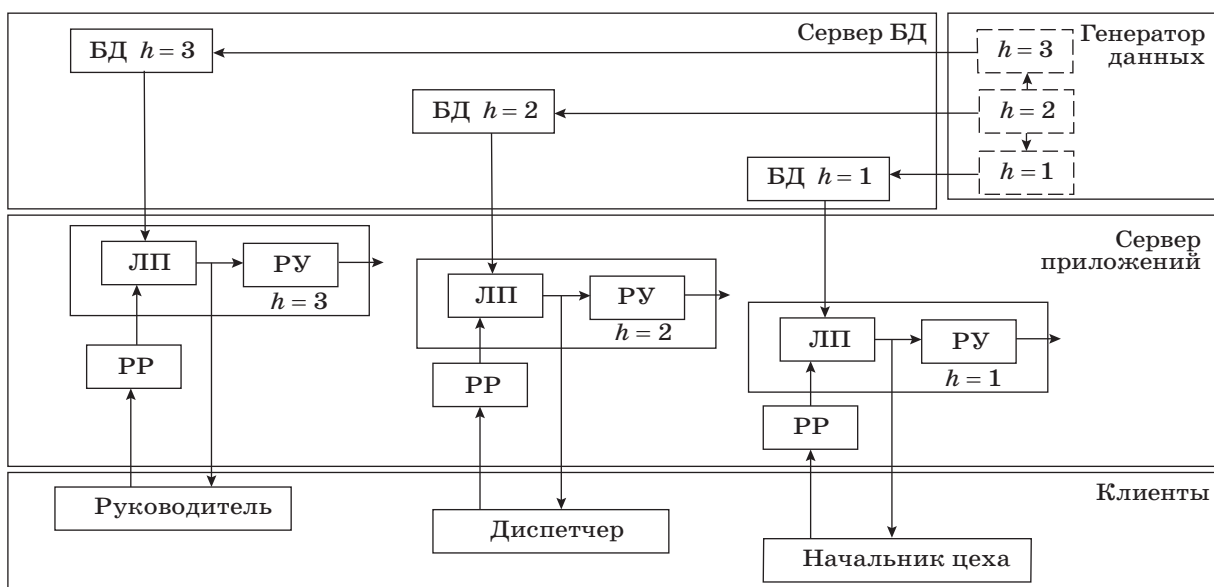
Реализация БД возможна двумя способами (рис. 6 и 7).



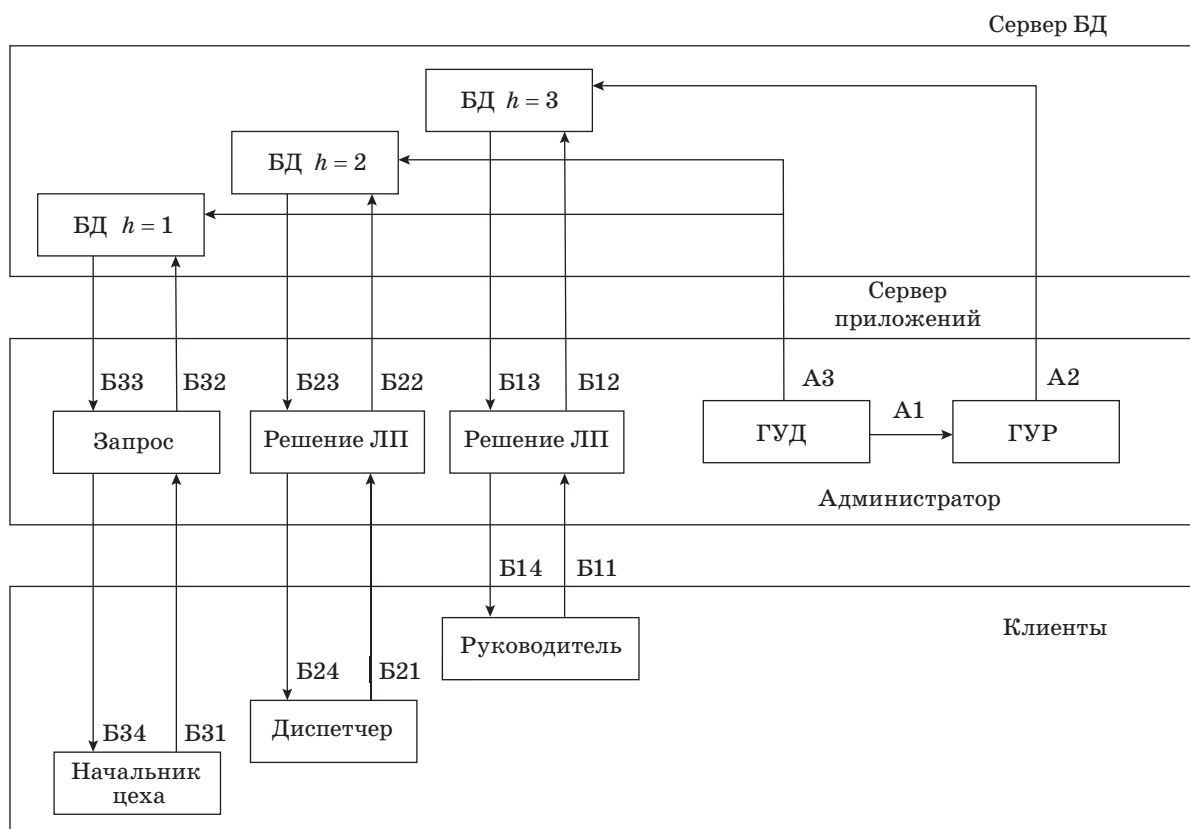
■ Рис. 5. Трехуровневая компьютерная система ( $h=1$ ,  $h=2$  и  $h=3$ )



■ Рис. 6. Трехуровневая интегрированная БД



■ Рис. 7. Автономные локальные базы данных: ЛП — линейное программирование; РУ — разностные уравнения; РР — режимы работы (согласованный, несогласованный, переход на выпуск новой продукции)



■ **Рис. 8.** Схема согласованного режима: *ГУД* — генератор уровня диспетчера; *ГУР* — генератор уровня руководителя; *A1* — связь *ГУД* и *ГУР*; *A2* — заполнение *БД h=3*; *A3* — заполнение *БД h=2* и *h=1*; *B1* — решение задачи ЛП руководителя; *B2* — решение задачи ЛП диспетчера; *B3* — запрос с уровня начальника цеха

Структура модели представлена на рис. 8, на котором обозначения *A* соответствуют генерации данных, а *B* — обработке данных.

### Заключение

Построена адаптивная оптимальная трехуровневая системная модель описания процесса планирования в АСУП. Представлены структура и технология работы модели системы.

Для описания и изучения свойств процесса планирования в трехуровневых ААСУП, работающих в высокودинамичной внешней среде, успешно применен предложенный автором однородный метод, базирующийся на прямой задаче СЛП. В системном методе описания использованы локальные методы как известные, так и предложенные автором. Среди предложенных — метод генерации данных в технологической цепочке, методы согласования экономических интересов структурных элементов с использованием равновесия по Нэшу и векторной оптимизации.

Отмечено, что данные, необходимые для отладки и функционирования ААСУП, можно получить в трудоемкой процедуре идентификации или в процедуре генерации данных. Предложенная

генерация осуществляется с помощью компьютерной модели, использующей прямую и обратную задачи СЛП. Дополнительно изучены свойства задачи СЛП, работающей как автономно, так и в режиме последовательной цепочки и связанных уровней. Предложены варианты реализации сетевой модели адаптивной системы управления производством и для малой размерности в рамках пакета MatLab, и для рабочей размерности. В последнем случае сформулированы требования и осуществлен выбор системы программных средств для реализации «тонкого» клиента. Показаны разновидности сервера баз данных и сервера приложений, в котором выделены алгоритмы генерации и обработки данных. Рассмотрена технология работы модели.

Сформированная системная модель может быть использована как для исследования процесса планирования в системе, так и для прямого планирования в составе АСУП, работающей и в традиционном режиме, и в адаптивном режиме оперативного перехода на выпуск новой продукции с предварительным определением его целесообразности.

Найдено, таким образом, решение проблемы формирования и прикладного использования модели для решения прикладных задач ААСУП.

## Литература

1. Кульга К. С. Автоматизация технической подготовки и управления на основе PLM. — М.: Машиностроение, 2008. — 256 с.
2. Советов Б. Я., Цехановский В. В., Чертовской В. Д. Проблемы адаптивного автоматизированного управления промышленным предприятием // Информационно-управляющие системы. 2009. № 6. С. 18–24.
3. Чертовской В. Д. Интеллектуализация автоматизированного управления производством. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007. — 164 с.
4. Мизон В. А. Интеллектуальные методы управления предприятием. — СПб.: Академия управления и экономики, 2008. — 302 с.
5. Абдикеев Н. М. Управление знаниями корпорации и реинжиниринг бизнеса. — М.: Инфра, 2010. — 352 с.
6. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. — М.: Физматгиз, 2012. — 644 с.
7. Ленский В. Е. Эволюция представлений об управлении (методология и философский анализ). — М.: Когито-Центр, 2015. — 197 с.
8. Черняк Л. И. От адаптивной структуры — к адаптивному предприятию // Открытые системы. 2004. № 9. С. 30–35.
9. Интегральные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте // Сб. науч. тр. VIII Междунар. науч.-техн. конф., Коломна, 18–20 мая 2015 г. Т. 2. — М.: Физматгиз, 2015. — 388 с.
10. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурой динамически сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. — 352 с.
11. Чертовской В. Д. Моделирование процессов планирования в интеллектуальной системе управления производством // Информационные технологии в управлении (ИТУ-2016): материалы 9-й Российской мультikonференции по проблемам управления, 4–6 октября 2016 г. СПб.: Электроприбор, 2016. С. 536–544.
12. Советов Б. Я., Цехановский В. В., Чертовской В. Д. Формирование математического описания многоуровневой автоматизированной системы управления производством // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 8. С. 27–31.
13. Чертовской В. Д. О перспективных методах планирования выпуска продукции при импортозамещении // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2016. Вып. 3. С. 136–142.
14. Чертовской В. Д., Некрасов А. В. Системная генерация числовых данных для модели адаптивной автоматизированной системы управления производством // Сб. научных трудов профессорско-преподавательского состава ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. СПб.: Изд-во ГУМРФ, 2016. С. 372–379.
15. Когаловский М. Р. Перспективы технологии информационных систем. — М.: ДМК Пресс, 2003. — 288 с.
16. Гринев М. Н., Кузнецов С. Д. UQL: язык запросов к интегрированным данным в терминах UML // Программирование. 2002. № 4. С. 18–24.
17. OWL Web Ontology Language Overview. 2009. <http://www.w3.org/TR/owlfeatures/> (дата обращения: 18.12.2012).

UDC 681.5

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.1.106

## Mathematical Description and Computer Realization of Adaptive Automated Company Control System Model

Chertovskoy V. D.<sup>a</sup>, Dr. Sc., Tech., Professor, vdchertows@mail.ru<sup>a</sup>Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7, Dvinskaya St., 198035, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Introduction:** Modern companies have to work in a dynamically changing environment, experiencing rapid changes of demand, appearance of new goods and constant need to be more competitive. The vector of the system functioning purpose often changes its constitution, requiring a quick switch to new production. The change of the purpose is compensated by changing the company structure connections, i.e. by the use of an adaptive regime. In the same time, the application of a computer control system allows you to introduce optimal operational modes which is very important for keeping your competitiveness high. **Purpose:** We have to figure out the possibilities of adaptive automated company control systems in order to develop their mathematical model. **Methods:** We use a homogenous method based on the direct and reverse problems of optimal static linear programming. **Results:** An adaptive optimal three-level model is built which describes planning in an automatized company control system in a system way. The model's structure and technology of work are discussed. In the system method of a process description, both known and proposed by the author local methods were combined, including the method of data generation for a technology line and for the top level of the system, as well as the methods for reconciliation of economic interests of structural elements using Nash equilibrium and vector optimization. The peculiar features for the modeling of low and high dimensions are discussed. A low-dimension model with a simple structure allows you to promptly check the main theoretical principles, while a high-dimension model is necessary for actual control over a company. **Practical relevance:** The formed system model can be used both for studying the planning process in a system and for direct planning in an automatized company control system which can work either in the traditional mode or in the adaptive mode of a quick switch to new production whose purposefulness was preliminarily determined.

**Keywords** — Modelling, System Model, Planning, Three-Level Structure, Adaptive Automated Company Control System.



## References

1. Kulga K. S. *Avtomatizatsiia tekhnicheskoi podgotovki i upravleniia na osnove PLM* [Automation of Technical Preparation and Control on PLM Bases]. Moscow, Mashinostroyeniye, 2008. 256 p. (In Russian).
2. Sovetov B. Y., Tsehanovskiy V. V., Chertovskoy V. D. Problems of Adaptive Automated Control of the Industrial Enterprise. *Informatsionno-upravliayushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2009, no. 6, pp. 18–24 (In Russian).
3. Chertovskoy V. D. *Intellektualizatsiia avtomatizirovannogo upravleniia proizvodstvom* [Intellectualization of Automated Manufacturing Control]. Saint-Petersburg, Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet Publ., 2007. 164 p. (In Russian).
4. Myzon V. A. *Intellektual'nye metody upravleniia predpriatiem* [Intellectual Work Control Method]. Saint-Petersburg, Akademiia upravleniia i ekonomiki, 2008. 302 p. (In Russian).
5. Abdikeev N. M. *Upravlenie znaniiami korporatsii i reinzhiniring biznesa* [Knowledge Control by Corporation and Business Reengineering]. Moscow, Infra Publ., 2010. 352 p. (In Russian).
6. Novikov D. A. *Teoriia upravleniia organizatsionnymi sistemami* [Control Theory by Organization Systems]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 2012. 644 p. (In Russian).
7. Lenskiy V. E. *Evolutsiia predstavlenii ob upravlenii (metodologiya i filosofskii analiz)* [Evolution of by Control (Methodology and Philosophy Analysis)]. Kogito-Tsentr Publ., 2015. 197 p. (In Russian).
8. Chernyak L. I. From Adaptive Structure — to Adaptive Work. *Otkrytye sistemy*, 2004, no. 9, pp. 30–35 (In Russian).
9. *Integral'nye modeli i miagkie vychisleniia v iskusstvennom intellekte* [Integral Models and Soft Computation in Artificial Intelligence]. *Sbornik nauchnykh trudov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Proc. VIII Int. Conf.], Kolomna, May 18–20, 2015, vol. 2, Moscow, Fizmatgiz Publ., 2015. 388 p. (In Russian).
10. Ohtilev M. Y., Sokolov B. V., Yusupov R. M. *Intellektual'nye tekhnologii monitoringa i upravleniia strukturoi dinamicheskoi slozhnykh tekhnicheskikh ob'ektov* [Intellectual Technology of Monitoring and Control by Dynamical Complex Technical Objects Structure]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 352 p. (In Russian).
11. Chertovskoy V. D. Modelling of Planning Processes in Intellectual Manufacturing Control System. *Materialy 9-i Rossiiskoi mul'tikonferentsii po problemam upravleniia "Informatsionnyye tekhnologii v upravlenii (ITU-2016)"*, 4–6 October [Proc. 9 Multiconference on Control Problems]. Saint-Petersburg, Elektropribor Publ., 2016, pp. 536–544 (In Russian).
12. Sovetov B. Y., Tsehanovskiy V. V., Chertovskoy V. D. Mathematical Description form of Multilevel Automated Manufacturing Control System. *Izvestiia SPbGETU "LETI"*, 2013, no. 8, pp. 27–31 (In Russian).
13. Chertovskoy V. D. Planning Perspective Methods of Production Output in Import Substitute. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2016, iss. 3, pp. 136–142 (In Russian).
14. Chertovskoy V. D., Nekrasov A. V. System Generation of Numerical Data for Adaptive Automated Manufacturing Control System. *Sbornik nauchnykh trudov professorsko-prepodavatel'skogo sostava GUMRF imeni admirala S. O. Makarova*, 2016, pp. 372–379 (In Russian).
15. Kogalovskiy M. N. *Perspektivy tekhnologii informatsionnykh sistem* [Perspectives of Information Systems Technology]. Moscow, DMK Press Publ., 2003. 288 p. (In Russian).
16. Grinev M. N., Kuznecov S. D. QML: Query Language to Integrated Data in UML Terms. *Programmirovanie*, 2002, no. 4, pp. 18–24 (In Russian).
17. *OWL Web Ontology Language Overview*. 2009. Available at: <http://www.w3.org/TR/owlfeatures/> (accessed 18 December 2012).

## УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Научные базы данных, включая SCOPUS и Web of Science, обрабатывают данные автоматически. С одной стороны, это ускоряет процесс обработки данных, с другой — различия в транслитерации ФИО, неточные данные о месте работы, области научного знания и т. д. приводят к тому, что в базах оказывается несколько авторских страниц для одного и того же человека. В результате для всех по отдельности считаются индексы цитирования, снижая рейтинг ученого.

Для идентификации авторов в сетях Thomson Reuters проводит регистрацию с присвоением уникального индекса (ID) для каждого из авторов научных публикаций.

Процедура получения ID бесплатна и очень проста: входите на страницу <http://www.researcherid.com>, слева под надписью «New to ResearcherID?» нажимаете на синюю кнопку «Join Now It's Free» и заполняете короткую анкету. По указанному электронному адресу получаете сообщение с предложением по ссылке заполнить полную регистрационную форму на ORCID. Получаете ID.