

# ФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ РЕОРГАНИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ\*

УДК 004.378

**Георгий Николаевич Калянов**,  
д.т.н., профессор, зав. лаб. Методов автоматизации управления организационными системами, Институт проблем управления Российской Академии наук (ИПУ РАН)  
Тел.: 8 (495) 334-91-01  
Эл. почта: Kalyanov@ipu.ru

В статье рассматривается комплекс методов, позволяющих проводить формализованное исследование бизнес-процессов предприятий, осуществлять их функционально-структурное проектирование, тестирование и верификацию.

*Ключевые слова:* бизнес-процесс, реорганизация, грамматика бизнес-процесса, тестирование.

**Georgy N. Kalyanov**,  
Doctorate of Economics, Professor, the Chief of Laboratory of Automation Control Methods of Organization Systems, Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences (IPI RAN)  
Tel.: 8 (495) 334-91-01  
E-mail: Kalyanov@ipu.ru

## FORMAL METHODS OF SUPPORT OF REORGANIZATION OF BUSINESS PROJECTS

The article describes a set of methods that allow keeping a formal investigation of business processes of enterprises and carrying out their functional-structural design, testing and verification.

*Keywords:* business process, reorganization, grammar of business-process, testing.

### 1. Введение

Выполнение проектов по реорганизации бизнес-процессов представляет собой широкую область научно-технической деятельности, поскольку эффективное функционирование современных предприятий в условиях возрастающей сложности решаемых ими задач и быстрой смены предъявляемых к ним требований потребителей во многом определяется возможностями использования мощных методов системного анализа, продуктивных математических моделей и методов исследования, целостных методик проектирования, а также инструментальных программных средств их реализации.

Однако, как правило, реорганизация бизнес-процессов регламентируется на интуитивном, слабо формализованном уровне, отсутствуют методики перехода от текущего состояния к целевому, отсутствуют метрики и критерии целевого состояния, то есть непонятно, к чему нужно стремиться и что может быть достигнуто. Существующие подходы и методы (являющиеся, как правило, know-how крупных консалтинговых компаний) обладают узкой предметной и проблемной ориентацией, следовательно, их применение для предприятий любого типа либо невозможно либо крайне неэффективно.

### 2. Формальная модель бизнес-процесса

Рассмотрим комплекс методов, позволяющих проводить формализованное исследование бизнес-процессов предприятий, осуществлять их функционально-структурное проектирование, тестирование и верификацию.

Интегрирующим ядром комплекса методов реорганизации является *графовая модель бизнес-процесса*. Нижний уровень модели содержит информационные объекты (ИО), представляемые с помощью кортежей  $D_i(a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^n)$ , где  $D_i$  – идентификатор  $i$ -го ИО,  $a_i^j$  –  $j$ -ый атрибут  $i$ -го ИО. Бизнес-операция моделируется парой  $T_i D_j = (T_i, D_j)$ , где  $T_i$  – тип операции с ИО. При этом выделяются следующие типы операций: создание, присваивание значений (определение), архивирование, уничтожение, регистрация, ознакомление, редактирование, утверждение (визирование), согласование, публикация (для всеобщего доступа), передача на исполнение (в том числе и с назначением маршрутов), контроль исполнения, привязка к другим ИО. При этом  $T_i D_j = (T_i a_j^1, T_i a_j^2, \dots, T_i a_j^k)$ , однако для ряда операций (например, операции редактирования) могут существовать такие индексы  $m$ , что  $T_i a_j^m = a_j^m$ , т.е. операция может применяться не ко всем атрибутам ИО. Бизнес-функция моделируется кортежем бизнес-операций  $I_m((T_{1m}, D_{1l}), \dots, (T_{km}, D_{kl}))$ , где  $I_m$  – роль исполнителя,  $T_{1m}, \dots, T_{km}$  – элементы множества  $\{T_i\}$ ,  $D_{1l}, \dots, D_{kl}$  – элементы множества  $\{D_j\}$ . Модель бизнес-процесса представляет собой граф управления бизнес-функциями  $\Gamma(N, n_0, n_\phi, E, M, EM, EN, R, ER)$ , где  $N$  – множество узлов, каждый из которых соответствует бизнес-функции;  $n_0$  и  $n_\phi$  – входной и завершающий узел соответственно;  $E$  – множество управляющих ребер такое, что  $\forall i, j \in N \cup \{n_0, n_\phi\}: (i, j) \in E$ , если возможна ситуация, когда за выполнением бизнес-функции  $i$  будет выполняться бизнес-функция  $j$ ;  $M$  – множество узлов, соответствующих структурным единицам предприятия;  $EM$  – множество ребер подчиненности такое, что  $\forall i, j \in M: (i, j) \in EM$ , если структурная единица  $j$  подчинена структурной единице  $i$ ;  $EN$  – множество ребер исполнения бизнес-функции такое, что  $\forall i \in M, j \in N: (i, j) \in EN$ , если бизнес-функция  $j$  может быть выполнена в подразделении  $i$ ;  $R$  – множество ресурсов предприятия;  $ER$  – множество взвешенных ребер использования ресурсов такое, что  $\forall i \in R, j \in N: (i, j) \in ER$ , если бизнес-функция  $j$  использует при своем выполнении ресурс  $i$ .

Введенная модель имеет следующие основные достоинства.

1) Интегрирует три базовых аспекта предприятия – его организационно-штатную структуру, технологию деятельности в разрезе их функциональности, а также используемые ресурсы в контексте использующих их деятельностей и, таким образом, является объединенной информационно-логической моделью.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 12-07-00200).

2) Служит интегрирующим ядром комплексной технологии реорганизации и обеспечивает переходы и интерфейсы между ее этапами, а также наследование полученных на предшествующих этапах технологии результатов ее последующими этапами.

3) Является внутренней с позиций пользователя. Традиционные модели бизнес-процессов, с которыми пользователь работает непосредственно, такие как диаграммы потоков данных, SADT-диаграммы, диаграммы «сущность-связь» и др. [1], могут быть транслированы в предложенную модель бизнес-процесса, и наоборот, результаты, полученные при исследовании модели, ретранслируются в термины традиционных моделей.

### 3. Комплекс методов поддержки реорганизации бизнес-процесса

Формальный аппарат решения задачи *проектирования* бизнес-процесса основан на введении специальной атрибутной правосторонней порождающей грамматики для бизнес-процесса [2], назначение которой заключается в умении строить любые правильные цепочки выполнения бизнес-процесса (то есть возможные последовательности необходимых для выполнения процесса бизнес-функций), не генерируя при этом ни одной неправильной цепочки.

Порождающей грамматикой для бизнес-процесса называется упорядоченная девятка объектов  $G = (V_N, V_T, V_0, P, A_s, M_s, A_n, M_n, C)$ , где  $V_T$  – множество терминальных символов;  $V_N$  – множество нетерминальных символов;  $V_0 \subseteq V_N$  – множество начальных символов;  $P$  – множество порождающих правил;  $A_s$  – конечное множество синтезируемых атрибутов;  $M_s$  – множество методов синтеза атрибутов;  $A_n$  – конечное множество наследуемых атрибутов;  $M_n$  – множество методов наследования атрибутов;  $C$  – множество символов, определяющих параллелизм. Первые четыре объекта  $G$  определяют традиционным образом порождающую грамматику. Следующие четыре объекта определяют множество свойств (атрибутов), характеризующих символы порождаемых цепочек, и правила обработки этих свойств. Последний символ предназначен для обеспечения возможности порождения подцепочек бизнес-функций, которые могут (но не обязательно должны) выполняться параллельно.

Таким образом, грамматика бизнес-процесса представляет собой порождающую грамматику с дополнительными механизмами передачи информации и обработки некоторых не контекстно-свободных аспектов синтаксиса языка описания бизнес-процесса (например, требования ограничений по ресурсам). Введение в грамматику синтезируемых атрибутов и методов их синтеза позволяет порождать только цепочки, удовлетворяющие заранее известным жестким ограничениям на совокупное использование бизнес-процессом одного или нескольких ресурсов. Назначение наследуемых атрибутов заключается в необходимости передавать на последующие шаги порождения бизнес-процесса информацию о местах выполнения бизнес-функций в организационно-штатной структуре предприятия. В случае, когда бизнес-функция может быть выполнена в различных подразделениях предприятия, наследуемый атрибут несет информацию по выбору правил порождения хвоста цепочки выполнения бизнес-процесса.

Углубленный алгоритм работы метода включает пять шагов.

1. Трансляция моделей, формализующих результаты обследования на традиционных языках моделирования в граф бизнес-процесса.

2. Уточнение графа бизнес-процесса на предмет возможности последовательности и параллельности выполнения бизнес-функций, а также введение значений синтезируемых атрибутов, ограничений на них и методов их синтеза.

3. Построение грамматики бизнес-процесса на основании его графа.

4. Генерация (на основании порождающей грамматики) ограниченного множества вариантов выполнения бизнес-процесса на основании набора его бизнес-функций с учетом ограничений.

5. Принятие решения по проектируемому бизнес-процессу.

**Оценка качества** бизнес-процесса [3] базируется на том, что составляющие его бизнес-функции должны быть как можно более независимы (критерий сцепления), и чтобы каждая из них выполняла единственную, связанную с общей задачей, подзадачу (критерий связности).

В «хорошем» бизнес-процессе сцепления (как мера взаимозависимости бизнес-функций) должны быть

минимизированы, то есть функции должны быть слабозависимыми (независимыми) настолько, насколько это возможно. Метод ранжирует следующие типы сцепления бизнес-функций в порядке от более слабого к более сильному: сцепление по данным, по шаблону, по управлению, по общей области, по содержанию. Фактически понятие сцепления обобщает механизмы передачи параметров между компонентами программных систем и является лишь одним из критериев оценки качества разбиения бизнес-процесса на части: он оценивает, насколько хорошо входящие в него бизнес-функции отделены друг от друга.

Другим критерием оценки качества расчленения бизнес-процесса является критерий связности, контролирующий, как сгруппированные в одной функции действия связаны друг с другом. Связность – это мера прочности соединения функциональных и информационных объектов внутри одной бизнес-функции. Размещение сильно связанных объектов в одной и той же функции уменьшает межфункциональные взаимосвязи и взаимовлияния. Методом определяются формально на графе бизнес-процесса и ранжируются следующие уровни связности: функциональная, последовательная, информационная, процедурная, временная и логическая.

Введенный аппарат порождающих бизнес-процесс грамматики позволяет строить возможные варианты выполнения бизнес-процесса, учитывая заданный тип его связности. Для решения этой задачи используется механизм синтезируемых атрибутов и специальных методов их синтеза.

Предложенный метод оценки качества позволяет решать следующие задачи:

- определение типов сцепления и связности бизнес-процесса;
- анализ выявленных типов сцепления и связности. Если эти типы не устраивают, то определение приемлемых типов сцепления и связности с последующей коррекцией модели;
- порождение вариантов бизнес-процесса, имеющих типы сцепления и связности не хуже заданных.

Для целей *тестирования бизнес-процессов* в [3, 4] был предложен ряд критериев и стратегий тестирования, ориентированных на обнаружение наиболее типичных для предприятия

ошибок при работе с его информационными ресурсами. Примерами таких ошибок являются: создание информационных объектов (ИО) и/или их атрибутов, не используемых в дальнейшей деятельности; отсутствие и/или неполнота ИО и/или их атрибутов; дублирование ИО и/или их атрибутов и, как следствие, их несогласованность и противоречивость и др. Специфика данных ошибок для бизнес-процесса обуславливается наличием регламентов доступа к атрибутам ИО, запрещающих или ограничивающих доступ при выполнении ряда бизнес-операций.

Проведенные исследования показали, что предложенные критерии позволяют:

- обеспечить обнаружение специфических для бизнес-процессов ошибок в потоках ИО, связанных с их обработкой под различными масками, обеспечивающими регламенты доступа;
- обеспечить выявление всех тех ошибок, обнаружение которых может производиться с помощью традиционных критериев, основанных на анализе программных графов и применяемых к бизнес-процессам.

Переход от моделей бизнес-процессов к требованиям по их автоматизации (фактически, к функциональным требованиям к КИС – корпоративной информационной системе), как правило, осуществляется на неформальном уровне, сама модель требований не анализируется на предмет соответствия бизнес-процессам, а также с позиции общесистемных критериев качества. Предлагаемый в работе [5] **метод формирования и анализа требований** к КИС частично обеспечивает решение перечисленных задач.

Укрупненный алгоритм метода включает три этапа, кратко характеризуемых ниже.

1) Нагрузка графа бизнес-процесса компонентами КИС (формирование требований к КИС) – реализуется выделением узлов из множества  $N$ , соответствующих автоматизируемым функциям, начиная с самого нижнего уровня.

2) Построение редуцированного графа (модели требований) по следующим шагам:

2.1. Удаление непомеченных узлов из множества  $N$ .

2.2. Удаление ребер из множеств  $EN$  и  $ER$ , связывающих узлы из мно-

жеств  $M$  и  $R$  с удаленными узлами множества  $N$ , соответственно.

2.3. Удаление несвязанных узлов из множеств  $M$  и  $R$ , если такие имеются.

2.4. Связывание «висячих» ребер из множеств  $E$ ,  $EN$ ,  $ER$  в соответствии с продукционными правилами связывания.

3) Исследование модели требований (на связность, на эквивалентность графу бизнес-процесса), оценка качества модели требований на основе метрик сцепления и связности.

Предложенный комплекс методов позволяет обосновывать решения и предложения консультантов в проектах, связанных с моделированием и реорганизацией бизнес-процессов, формированием требований к их автоматизации.

#### 4. Пример применения метода проектирования бизнес-процесса

В качестве примера, иллюстрирующего применение введенных грамматик, рассмотрим упрощенный бизнес-процесс перевозки руды на горно-обогатительном комбинате (ГОК). В состав ГОК входят предприятия следующих типов: *Управление* (контора, осуществляющая руководство и управление деятельностью ГОК в целом); *Автобаза* (предприятие, осуществляющее транспортные и ремонтные работы); *Карьер* (предприятие по добыче руды); *Фабрика* (предприятие по обогащению руды). В перевозках участвует каждое из названных предприятий (в основном, на уровне соответствующих диспетчерских служб), в совокупности выполняя при этом следующие функции: формирование заявок на перевозки; распределение транспортных средств; выписка путевых листов; технический контроль автотранспорта; слежение за движением по маршруту; диспетчеризация погрузки; фиксация объемов перевозки. При этом некоторые из перечисленных функций могут исполняться

на разных предприятиях (например, распределение транспортных средств может осуществлять как *Управление*, так и *Автобаза*), такие ситуации рассматриваются как различные варианты бизнес-процесса.

В таблице 1 приведены возможные варианты мест выполнения перечисленных бизнес-функций (предприятий ГОК).

Порождающая варианты рассматриваемого бизнес-процесса грамматика выглядит следующим образом:

$$G = (V_N, V_T, V_0, P, A_s, M_s, A_n, M_n),$$

где  $V_T = \{n_\Phi\}$  – множество терминальных символов;

$V_N = \{n_0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  – множество нетерминальных символов;

$V_0 = \{n_0\} \subseteq V_N$  – множество начальных символов;

$P$  – множество порождающих правил;

$A_s = \{r_i\}$ , где  $i = 1, \dots, 7$  – множество кортежей ресурсных характеристик грамматики  $r_i = (t_i, n_i, s_i)$ , при этом каждый из компонент  $r_i$  определяет соответствующие ресурсы, требуемые на исполнение бизнес-функции, по времени, требуемому числу исполнителей и стоимости по каждому из рассматриваемых предприятий;

$M_s$  – множество методов синтеза ресурсов;

$A_n = \{Y, A, K, \Phi\}$  – множество возможных мест выполнения бизнес-функций (Управление, Автобаза, Карьер, Фабрика);

$M_n = \Omega$  – множество методов наследования атрибутов (пустое множество для данного примера).

Перечислим множество порождающих правил (для удобства – без включения ресурсных характеристик).

$$\begin{aligned} n_0 &\Rightarrow 1\{Y\} \mid 1\{A\} \mid 4\{A\} \\ 1\{Y\} &\Rightarrow 2\{Y\} \mid 2\{A\} \mid 2\{K\} \\ 1\{A\} &\Rightarrow 2\{Y\} \mid 2\{A\} \mid 2\{K\} \\ 2\{Y\} &\Rightarrow 3\{Y\} \mid 3\{A\} \\ 2\{A\} &\Rightarrow 3\{Y\} \mid 3\{A\} \\ 2\{K\} &\Rightarrow 3\{Y\} \mid 3\{A\} \\ 3\{Y\} &\Rightarrow 4\{A\} \mid 5\{K\} \mid 5\{\Phi\} \\ 3\{A\} &\Rightarrow 4\{A\} \mid 5\{K\} \mid 5\{\Phi\} \\ 4\{A\} &\Rightarrow 5\{K\} \mid 5\{\Phi\} \mid 1\{Y\} \mid 1\{A\} \\ 5\{K\} &\Rightarrow 6\{K\} \\ 5\{\Phi\} &\Rightarrow 6\{K\} \\ 6\{K\} &\Rightarrow 7\{Y\} \mid 7\{A\} \mid 7\{K\} \mid 7\{\Phi\} \end{aligned}$$

Таблица 1

№	Бизнес-функция	Управление	Автобаза	Карьер	Фабрика
1	Формирование заявки на перевозки	+	+	–	–
2	Распределение транспортных средств	+	+	+	–
3	Выписка путевых листов	+	+	–	–
4	Технический контроль	–	+	–	–
5	Движение по маршруту	–	–	+	+
6	Диспетчеризация погрузки	–	–	+	–
7	Фиксация объемов перевозки	+	+	+	+

- $7\{Y\} \Rightarrow n_{\Phi}$
- $7\{A\} \Rightarrow n_{\Phi}$
- $7\{K\} \Rightarrow n_{\Phi}$
- $7\{\Phi\} \Rightarrow n_{\Phi}$

При учете ресурсных характеристик порождающей грамматики (время исполнения функции  $t$ , количество задействованных сотрудников  $n$ , стоимость исполнения  $s$ ) порождающие правила грамматики рассматриваемого бизнес-процесса будут выглядеть следующим образом:  $n_0 \Rightarrow 1\{Y\} \{t1Y,n1Y,s1Y\} \mid 1\{A\} \{t1A,n1A,s1A\} \mid 4\{A\} \{t4A,n4A,s4A\}$ ;  $1\{Y\} \Rightarrow 2\{Y\} \{t2Y,n2Y,s2Y\} \mid 2\{A\} \{t2A,n2A,s2A\} \mid 2\{K\} \{t2K,n2K,s2K\}$ ;  $1\{A\} \Rightarrow 2\{Y\} \{t2Y,n2Y,s2Y\} \mid 2\{A\} \{t2A,n2A,s2A\} \mid 2\{K\} \{t2K,n2K,s2K\}$  и т.д.

На основании приведенной грамматики могут быть порождены следующие 200 вариантов исполнения бизнес-процесса перевозок руды (без учета параллелизма выполнения отдельных бизнес-функций):

- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{Y\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{A\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{\Phi\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{K\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{Y\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{A\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{\Phi\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{Y\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{K\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{Y\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{A\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{\Phi\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{K\}-6\{K\}-7\{K\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{Y\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{A\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{\Phi\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{Y\}-3\{A\}-4\{A\}-5\{\Phi\}-6\{K\}-7\{K\}-n_{\Phi}$
- $n_0-1\{Y\}-2\{A\}-\dots\dots\dots 16$  вариантов
- $n_0-1\{Y\}-2\{K\}-\dots\dots\dots 16$  вариантов
- $n_0-1\{A\}-2\{Y\}-\dots\dots\dots 16$  вариантов
- $n_0-1\{A\}-2\{A\}-\dots\dots\dots 16$  вариантов
- $n_0-1\{A\}-2\{K\}-\dots\dots\dots 16$  вариантов
- $n_0-4\{A\}-1\{Y\}-\dots\dots\dots 48$  вариантов
- $n_0-4\{A\}-1\{A\}-\dots\dots\dots 48$  вариантов
- $n_0-4\{A\}-5\{K\}-\dots\dots\dots 4$  варианта
- $n_0-4\{A\}-5\{\Phi\}-\dots\dots\dots 4$  варианта

В приведенных цепочках выполнения бизнес-процесса жирным шрифтом выделены символы начала порождения очередной цепочки по альтернативному правилу. Так, например, выделение в первой группе цепочек символа  $7\{*\}$  соответствует альтернативе  $6\{K\} \Rightarrow 7\{Y\} \mid 7\{A\} \mid 7\{K\} \mid 7\{\Phi\}$ , выделение во второй группе цепочек символа  $5\{\Phi\}$  соот-

ветствует (в совокупности с первой группой, где во всех цепочках присутствует символ  $6\{K\}$ ) альтернативе  $4\{A\} \Rightarrow 5\{K\} \mid 5\{\Phi\}$  и т.д.

Далее необходимо из множества построенных вариантов выполнения бизнес-процесса выделить варианты, приемлемые с позиции ЛПР. Такое выделение будет осуществляться в два этапа:

- автоматическое отбрасывание неприемлемых вариантов на основе ряда объективных критериев;
- субъективная оценка ситуации с использованием метода Парето (здесь метод Парето приведен в качестве примера, для решения задачи могут использоваться и другие методы).

Одним из объективных критериев может являться требование обязательного использования при выполнении бизнес-процесса всех без исключения входящих в него функций. Поэтому на первом этапе редуцирования множества вариантов исполнения бизнес-процесса отбрасываются варианты, включающие выполнение не всех функций 1-7. Такое исключение вариантов может осуществляться автоматически на основании перебора множества порожденных цепочек. Для рассматриваемого примера на этом этапе исключаются последние 8 вариантов выполнения бизнес-процесса.

Пусть выполнению каждой из функций 1-7 на каждом из предприятий, где возможно такое их исполнение, соответствуют приведенные в таблице 2 условные значения ресурсов.

Введение ограничений на ресурсы позволяет порождать только такие цепочки, которые удовлетворяют этим ограничениям. Так например, если общее время выполнения перевозки не должно превышать условного времени  $t = 7$ , грамматика не будет порождать цепочки, содержащие хотя бы один символ из множества  $\{2\{Y\}, 2\{K\}, 5\{\Phi\}, 7\{Y\}, 7\{A\}\}$ . А таких цепочек (без учета восьми ранее исключенных) по крайней мере 110 (для  $2\{Y\}, 2\{K\}, 5\{\Phi\}$  – по 32, для  $7\{Y\}, 7\{A\}$  – по 8). Таким образом, учет ограничений на ресурсы на основе концепции синтезируемых атрибутов даже для приведенного в таблице 2 незначительного разброса значений параметров позволяет сократить общее число порождаемых вариантов выполнения бизнес-процесса более чем на 55%. Отметим, что дополнительное введе-

Таблица 2

Функция	$t$	$n$	$s$
1{Y}	1	1	1,2
1{A}	1	1	1
2{Y}	1,5	1	1,2
2{A}	1	2	2
2{K}	1,5	1	1
3{Y}	1	1	1,2
3{A}	1	1	1
4{A}	1	1	1
5{K}	1	1	1
5{Φ}	1,5	1	1
6{K}	1	1	1
7{Y}	1,5	1	1,2
7{A}	1,5	1	1
7{K}	1	1	1
7{Φ}	1	1	1

ние ограничений на количество задействованных сотрудников и стоимость исполнения позволяет сократить число вариантов рассматриваемого бизнес-процесса до 12 (из 200 возможных) за счет автоматического отбрасывания неприемлемых вариантов в процессе порождения.

Таким образом, применение аппарата порождающих грамматик позволяет сократить до разумных пределов множество потенциальных вариантов бизнес-процесса для дальнейшего анализа и выбора приемлемого, обеспечивая при этом полный перебор возможных вариантов.

**Литература**

1. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов // М.: Финансы и статистика, 2006, – 240с.
2. Калянов Г.Н. Использование формальных грамматик в задачах реинжиниринга бизнес-процессов // Труды 12-й Национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2010. М.: 2010, том 4, с.172-179.
3. Калянов Г.Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов // М.: СИНТЕГ, 2000, – 212с.
4. Калянов Г.Н. Тестирование информационных потоков // Труды 13-й Российской научно-практической конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления процессами и знаниями». М.: 2010, с.146-151.
5. Калянов Г.Н. Системный анализ требований к КИС // Труды 15-й Российской научно-практической конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на

основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями». М.: 2012, с. 96-98.

**References**

1. Kalyanov G.N. Modeling, analysis, reorganization and automation of business-processes // М.: Finance and statistics, 2006, – 240p.  
 2. Kalyanov G.N. Use of the formal grammars in the tasks of reengineering

of business-processes // Proceedings of the 12th National conference on artificial intelligence ISG-2010. М.: 2010, volume 4, p.172-179.

3. Kalyanov G.N. Theory and practice of reorganization of business-processes // М.: СИНТЕГ, 2000, – 212p.

4. Kalyanov G.N. The testing of information flows // Proceedings of the 13-th Russian scientific-practical conference “re-Engineering of business processes

on the basis of modern information technologies. Process control systems and knowledge”. М.: 2010, p.146-151.

5. Kalyanov G.N. System analysis of requirements for KIS // Proceedings of the 15-th Russian scientific-practical conference “re-Engineering of business processes on the basis of modern information technologies. Knowledge management system”. М.: 2012, p.96-98.