

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ПРЕДПРИЯТИЕМ

УДК 519.86

КНЯЗЕВ В.В., НУРМАГОМЕДОВА Н.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ДЛЯ АНАЛИЗА НА КОРРЕКТНОСТЬ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Представлены обеспечивающие бизнес-процессы в виде конечно-автоматных алгоритмов, которые позволяют осуществить интеграцию производственных и хозяйственных процессов, обеспечивая при этом их корректное взаимодействие.

Ключевые слова: бизнес-процессы, конечно-автоматные алгоритмы, граф операций, интеграция, управление предприятием, диаграммы на языке UML, критерии корректности, аппарат сетей Петри, алгоритмы.

The providing business-processes are presented in the form of certainly-automatic algorithms which allow to carry out integration of industrial and economic processes, providing thus their correct interaction.

Key words: business-processes, certainly-automatic algorithms, activity graph, integration, operation of business, diagrams in the language UML, criterion of a correctness, networks Petry, algorithms..

Структуру автоматизации управления предприятием часто представляют в виде пирамиды. На ее нижнем уровне логических контроллеров рассматриваются задачи системы автоматизации оборудования (CAO), которые реализуются с использованием специализированного языка, близкого по типу к мнемонике электрических схем. Контроллеры управляют устройствами ввода-вывода информации с датчиков (I/O) и реализуют функции индивидуального управления. На среднем уровне находятся рабочие места для оперативного управления технологическими процессами при поддержке инструментальных средств типа SCADA-систем. На верхнем уровне находятся системы ERP планирование ресурсов предприятия (СПРП) или MRPII планирование ресурсов технологического производства (СПРТП). Системы ERP ориентированы на предприятие в целом, а MRP - на его технологические подразделения. И те, и другие традиционно относятся к информационно-управляющим системам предприятия (ИУСП).

Исторически сложилось так, что основное внимание в ИУСП уделялось автоматизации административно-финансовых задач, поставкам и сбыту продукции, а задачи организации собственно производственных процессов, включая управление ресурсами, обслуживание и т.п. оставались, не охвачены. Если принять во внимание приведенную выше схему задач, то стратегические и тактические задачи традиционно считались сферой деятельности ERP-систем, а оперативные задачи решались средствами SCADA-систем в CAO. Но эти задачи оперативного и оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) не являются задачами для ERP-систем и не укладываются в функциональность SCADA-систем.

На практике нет четкой границы между уровнем управления производством и технологическим процессом. Производственные процессы оказались не связаны информационно и логически с процессами административно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия в целом. Однако существует непосредственная взаимосвязь основных технологических параметров производственного процесса с показателями материально-хозяйственной и финансовой деятельности [2]. Например, потребление электрической мощности и других энергоресурсов в процессе производства напрямую влияют на себестоимость. От простоев оборудования или текущего расхода сырья может зависеть оптимальное время подачи в подразделение очередной партии сырья. Приведенная

выше структура задач показывает, что при решении задач ОДУ необходима, с одной стороны, функциональность ERP-систем, а, с другой стороны – мониторинговые возможности SCADA-систем. Опыт показал, что информационная база этих задач должна быть единой. При использовании клиент - серверной архитектуры КИС применяются общие серверы базы данных и приложений, а клиентские места распределяются по подразделениям предприятия.

Кроме того, произошло отделение тактических задач оперативного управления технологическими процессами в CAO от стратегических задач ведения процесса в целом. Задачи такого класса решаются и поддерживаются MES группой исполнительных систем управления (ГИСУ). Она находится на стыке верхнего и среднего уровней автоматизации предприятия.

Основу КИС составляют системы MRP и MRPII планирования материальных потребностей (СПМП), а также ERP. MRPII представляет собой методологию, ориентированную на эффективное управление всеми производственными ресурсами предприятия. Она обеспечивает решение задач: финансового планирования производства в денежном выражении, планирования деятельности предприятия по объему продукции (услуг), а также моделирование потенциальных возможностей предприятия [1]. Однако методика MRPII оказалась неэффективной при долгосрочных стратегических прогнозах предприятия и на смену ей пришли системы нового класса - "Планирование ресурсов предприятия" ERP. Они были в большей степени ориентированы на работу с финансовой информацией. В основе ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища данных, содержащего всю корпоративную бизнес-информацию: финансовую информацию; производственные данные; данные по персоналу и др.

Основные отличия ERP систем от MRPII заключаются в поддержке различных типов производств (включая организацию сферы услуг), в планировании ресурсов по различным направлениям деятельности предприятия, в повышении требования к интегрируемости ERP-систем с существующими приложениями (CAD/CAM/PDM-системами, SCADA, и др.), а также с новыми приложениями (например, электронного бизнеса).

В настоящее время рынок программных продуктов предлагает разнообразный инструментарий для проведения анализа и моделирования систем. Вырисовывается тенденция интеграции разнообразных методологий моделирования и анализа систем, осуществляемая форме создания интегрированных средств анализа и моделирования.

В работе приведен аналитический обзор наиболее известных методик моделирования БП таких, как SADT, семейство методик IDEF, язык UML, сети Петри и ARIS.

Исходя, из результатов анализа основных методик проектирования и моделирования систем управления процессами, можно сделать вывод о недостаточной как методической, так и инструментальной степени автоматизации уровня MES предприятия. Кроме того, на реальных объектах сами инструментальные средства (как устройства, так и программное обеспечение) зачастую не стыкуются друг с другом вследствие своей разнородности и отсутствия единого стандарта на автоматизацию процессов. При реализации мониторинга ОБП общий уровень автоматизации недопустимо низкий.

В связи с этим возникает потребность в разработке обобщенной математической модели взаимодействующих ОБП и создании на ее основе методологии интегрирования производственных и хозяйственных процессов в рамках общей интегрированной КИС предприятием [3].

В статье обосновывается целесообразность рассмотрения объекта управления (в данном случае системы взаимосвязанных ОБП) с точки зрения выполняемого им жизненного цикла объекта. На рис. 1 показана задача расчета с клиентами, как типового ОБП в виде диаграммы состояний на языке UML. Общая задача делится на ряд ОБП, представленных в виде компонентов «use case». В соответствии с иерархическим принципом описания задачи каждый из компонентов может быть в свою очередь представлен своей диаграммой.

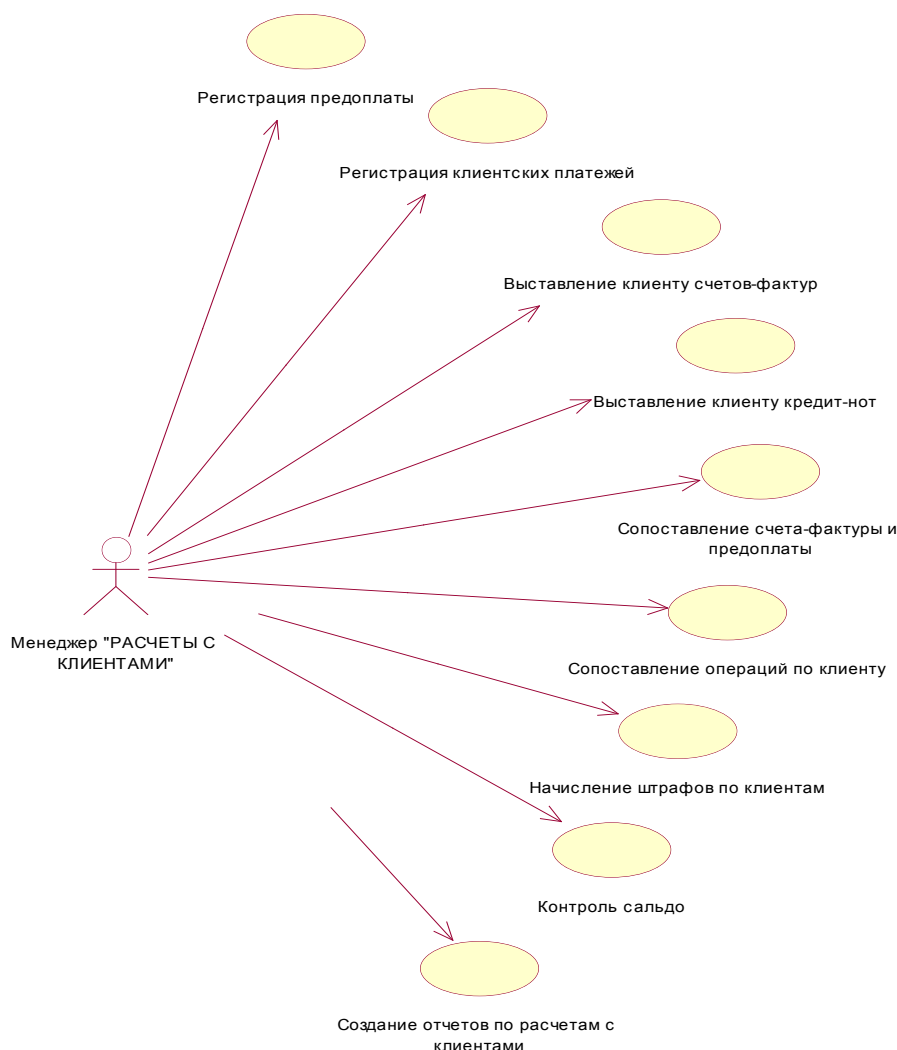


Рисунок 1 - Обеспечивающие бизнес процессы в задаче «Расчеты с клиентом»

Кроме того, поведение каждого ОБП или его жизненный цикл описывается диаграммами активностей или состояний. На рисунке 2 приведен пример такой диаграммы для ОБП «составление отчетов по расчетам с клиентами». Работа заключается в оформлении конкретного расчета в платежном журнале. Горизонтальные линии обозначают схождение альтернативных операций. Данный пример поведения ОБП показывает его достаточную сложность и предполагает моделирование взаимосвязанных процессов с целью их дальнейшего анализа.

Математическая модель ОБП управления разрабатывается как система, которая использует те или иные ресурсы. В качестве используемых ресурсов для процессов выступают агенты–исполнители, функционирующие в рамках данных процессов.

Опишем модель агентов в виде конечного автомата.

Пусть $X = (x_1, \dots, x_m)$ – абстрактный входной алфавит воздействий на агента, $Z = \{z_1, \dots, z_n\}$ – абстрактный выходной алфавит реакций, получаемых от агента, $Y = \{y_1, \dots, y_k\}$ – допустимые состояния агента. Тогда его модель можно определить следующим образом:

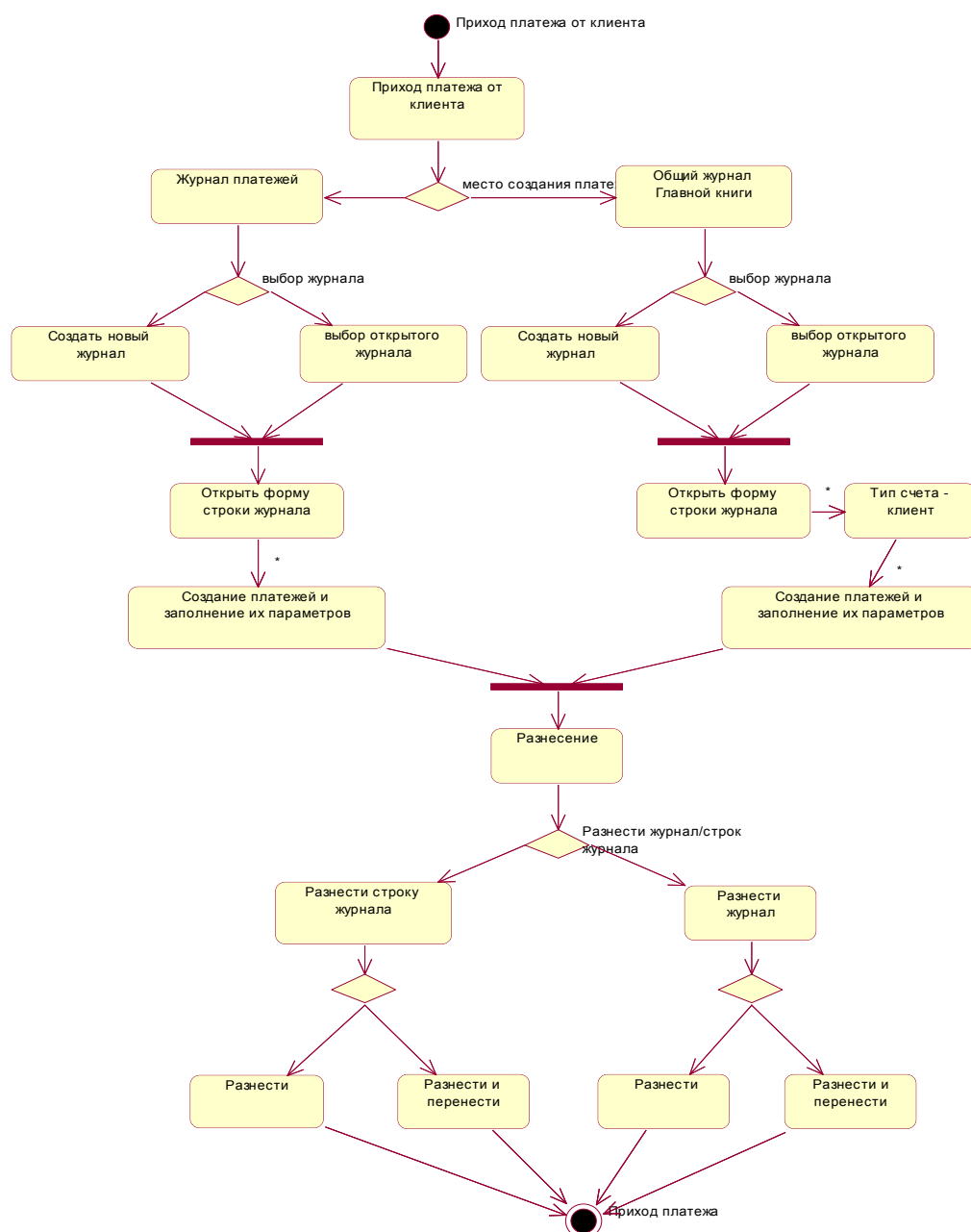


Рисунок 2 - Пример диаграммы бизнес процесса «Составление отчетов по работе с клиентами»

Определение 2.1. Моделью агента процесса называется кортеж: $A = \langle X, Z, Y, \varphi, \psi, y_0 \rangle$, где X, Z, Y - соответственно: абстрактные входной, выходной алфавиты и множество состояний, а φ - функция переходов, ψ - функция выходов и y_0 - начальное состояние.

Состояние агента в каждый момент времени будет определяться через его функцию переходов: $y_t = \varphi(x, y_{t-1})$, а выходная реакция - через функцию выходов: $z_t = \psi(x, y_{t-1})$. При подаче какой-либо управляющей команды на агента он совершает действие, однозначно сопоставляемое входному воздействию: $x_i \rightarrow d_i$. Каждое действие имеет определенную длительность по времени и условие своего окончания.

Определение 2.2. Операцией процесса будем называть кортеж $b_t = (d_1, \dots, d_k)$, где d_i - действие над агентом a_i в момент времени t ($i = \overline{1, k}$). Входной и выходной алфавиты будут определяться соответственно, как декартовы произведения входных и выходных алфавитов агентов: $X = X_1 \times \dots \times X_m$, $Z = Z_1 \times \dots \times Z_n$.

Определение 2.3. Обеспечивающим бизнес процессом называется пятерка: $P = \langle X, Z, S, U, \gamma \rangle$, где X - входной, Z - выходной алфавиты, S - множество состояний, U -

множество условий перехода между состояниями, а γ - функция смены состояний: $s_t = \gamma(s_{t-1}, u)$ (здесь s_t – состояние в момент времени t , s_{t-1} – состояние в предыдущий момент времени, а u - условие перехода к s в виде слова из входного алфавита).

Определение 2.4. Выполнением ОБП $\rho(p_k)$ называется слово (или цепочка символов) в алфавите $\{S \cup U\}$, в котором $s_i = \gamma(s_{i-1}, u_i)$ (u_i – условие перехода в состояние s_i) ($i = \overline{m, n}$).

Обозначим через D – подмножество действий агентов в операции.

Определение 2.5. При параллельной работе процесса если $|D_{t+1}| > 1$ & $|D_t| = \{d\}$, то D_t будем считать **начальным** действием параллельности. Если $|D_t| > 1$ & $|D_{t+1}| = \{d\}$, то D_{t+1} будем считать ее **заключительным** действием.

Определение 2.6. Последовательность действий агентов, в которой в качестве начальной и заключительной будут соответственно начальное и заключительное действие параллельности называется ветвью параллельности.

Графически ЖЦ системы ОБП удобно представлять системой ориентированных графов, в которых вершинами являются состояния, а дугами – переходы между ними с разрешающими условиями в виде булевых функций. Различные выполнения процессов, в таком случае будут описаны возможными путями на графах – алгоритмами процесса.

С точки зрения проектируемой системы мониторинга и управления, рассматриваемые ОБП и их составляющие могут быть объединены в систему классов и организованы в иерархию главным образом по отношению «входить» с наследованием свойств. На нижнем уровне иерархии находятся классы бизнес операций, выполняющие ограниченный набор достаточно простых действий. Их жизненные циклы представляются простым ориентированным графом, на котором можно провести анализ поведения объекта, используя формальные методы.

Выявление некорректного поведения объекта с помощью данного графа может быть осуществлено путем анализа условий перехода и последовательностей подаваемых команд в состояниях жизненного цикла процесса. Для выбранной модели описания алгоритмов ОБП в работе определены признаки (критерии) корректности, не зависящие от конкретного назначения того или иного алгоритма, и указаны способы его проверки [1].

Корректность алгоритма управления, представленного в виде графа операций, определяется через совокупность критериев. В работе исследуются только формальные критерии корректности введенной модели для ОБП. Очевидно, что вопрос о «правильности» функционирования того или иного процесса кроме соблюдения формальных правил в сильной степени зависит от «семантики» самого процесса, т.е. от его технологии, которую трудно формализовать. Поэтому решением задачи корректности управляющего алгоритма является совместная проверка модели формальными методами и различное тестирование объекта.

Критерий реализуемости алгоритма ОБП выражается в том, что для всякого перехода между операциями должна существовать потенциальная возможность срабатывания. Переход считается реализуемым, если он задействован хотя бы один раз в каком-либо варианте выполнения алгоритма. В противном случае - переход неосуществим ни при каких обстоятельствах, что противоречит принципу «неизбыточности» описания. Формально это можно выразить следующим образом: $\forall \gamma(s_i, u) \neq \emptyset \exists X'(t) \in X : u(X') = 1$ где X' – слово из входного алфавита X , подаваемое в момент времени t а u – условие перехода.

Критерий безостановочности заключается в том, что любое состояние процесса должно смениться смежным с ним, если это предусмотрено функцией следования. Это значит, что если только из вершины графа операций есть выходные дуги, то из любого состояния, включающего в себя эту вершину, достижимо состояние, в котором сработает переход, переводящий эту вершину в разряд пассивных.

Иначе говоря если: $\forall X'(t) \in X : u(X') = 1 \rightarrow \exists s_{t+1} = \gamma(s_t, u)$, где s_t и s_{t+1} – подмножества состояний процесса в смежные моменты времени, X' – слово из входного алфавита X , подаваемое в момент времени t а u – условие перехода.

Критерий согласованности заключается в том, что операции, выполняемые каждым агентом в процессе не должны повторяться друг за другом, т.е. смежные команды для одного и того же агента не должны совпадать.

Критерий неповторности указывает на то, что любой агент не может находиться в двух различных состояниях одновременно. Это может произойти в результате некорректного задания параллельности или в результате циклического выполнения фрагмента и повторного прохождения уже пройденного участка. Формально данное ограничение выглядит следующим образом: $\forall (a_i, d_j), (a_i, d_k) \in V_t \Rightarrow j = k$

Критерий непротиворечивости. Непротиворечивость алгоритма ОБП определяется как отсутствие ситуаций, в которых происходит несовместимое выполнение операций одним и тем же агентом одновременно.

Критерий восстанавливаемости. Восстанавливаемость - свойство, характеризующее способность алгоритма ОБП из любой достижимой операции возвращаться к начальной операции.

Перечисленные критерии имеют неодинаковое значение для выявления ошибочности пользовательских описаний. В первую очередь следует отметить восстанавливаемость, которая является собой объективное свойство алгоритма ОБП. Целесообразно лишь диагностировать выполнение или невыполнение этого критерия, оставляя за разработчиком алгоритма право толкования этого факта. Апеллируя к распространенному в языках программирования способу ранжирования ошибок, отнесем невозстанавливаемость к «ошибкам» 0-го рода, или просто диагностируемым свойствам. Заметим, что только нарушение критериев безостановочности и реализуемости приводит к остановке процесса. Такие ситуации необходимо выявлять на стадии проектирования. Остальные критерии корректного описания, введенные ранее для автоматной модели управления, либо не влекут за собой остановку процесса, либо проверяются тривиально по графу операций модели.

Таким образом, вопрос о правильности алгоритма управления не может быть решен в рамках модели и формальных критериев ее корректности. Традиционным путем решения является тестирование, которое в данной работе не рассматривается.

Исследование свойств корректности должно проводиться на основе анализа выполнения графа операций ОБП, потому что в общем случае признаки некорректности могут проявляться только при выполнении алгоритма управления. Вместе с тем понятно, что модификация непосредственно модели алгоритмов управления ни к чему иному, как к потере продуктивности, привести не может. Представляется, что наиболее подходящим для целей исследования свойств корректности модели алгоритма ОБП является аппарат сетей Петри.

Процедуру сопоставления произвольному графу операций ОБП S моделирующей его сети Петри $N(S)$ будем рассматривать в виде последовательности из трех шагов. Каждый шаг этого отображения соответствует какому-либо элементу алгоритма управления. Сначала строятся сети, соответствующие агентам, входящим в ОБП, затем – переменным для функций условий перехода по состояниям процесса и наконец, скелету ОБП. Эти сети не связаны друг с другом, поэтому очередность их построения произвольна. Связывание этих сетей производится на этапах построения выходных Z , входных X наборов переменных и дополнительных функций F . Очередность выполнения этих шагов должна выполняться в определенном порядке.

Определение 2.7. Моделирующая граф операций S сеть $N(S)$ называется работоспособной, если все переходы ее скелетной сети не пассивны.

Теорема 2.1. Модель графа операций S корректна, когда моделирующая его сеть Петри $N(S)$ работоспособна и безопасна.

Таким образом, вывод о корректном поведении исходного графа операций ОБП можно сделать на основе работоспособности его моделирующей сети Петри.

Представление ОБП в виде конечно-автоматных алгоритмов дает проектировщику широкие возможности в простом описании сложного взаимодействия блоков, подпроцессов,

параллельностей на уровне блоков и между блоками графа операций. При этом проблема корректного функционирования выдвигается на первый план разработку формальных методов для проверки взаимодействия тех или иных ОБП.

Важно отметить, что для выявления в построенной модели некорректных мест недостаточно простых синтаксических проверок на уровне языка. Большинство ситуаций выявляется только в «динамике» при моделировании работы соответствующих ОБП.

Учитывая, что модель локального управления ОБП содержит большое количество атрибутов, не влияющих на корректность, но создающих сложности в построении моделирующих сетей, было предложено анализ корректности модели ОБП осуществлять средствами сетей Петри на основе диаграмм языка UML, которые отражают структуру и логику переходов между операциями, сохраняя при этом их семантику. Были разработаны процедуры, сводящие определенные выше критерии корректности графа операций ОБП к адекватным свойствам сетей Петри («живость», «безопасность» и т.п.), которых существенно меньше и которые в свою очередь проверяются стандартными способами.

Кроме того, был применен механизм редукции построенной по графу операций сети Петри, за счет чего удаляются несущественные для анализа вершины – операции и переходы в исходной сети.

Таким образом, снижается алгоритмическая сложность поставленной задачи анализа ОБП на корректность поведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсен, Б. Бизнес-процессы. Инструменты для совершенствования [Текст] / Б.Андерсен. – Изд-во РИА «Стандарты и качество», 2008. – 272 с.
2. Джексон, Дж. Управление бизнес-процессами. Практическое руководство по успешной реализации проектов [Текст] / Дж. Джексон, Йох. Нелис. – Изд-во «Символ», 2008. – 512 с.
3. Николаенко, А.В. Система бюджетирования и планирования бизнес-процесса товародвижения [Текст] / А.В. Николаенко // Экономические и гуманитарные науки. - №5. – 2009. – С. 101-104.

Князев Валерий Васильевич

Московского государственного университета технологии и управления
105064, г. Москва, ул. Земляной вал, 73.

Кандидат экономических наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента

Тел.: (495) 917-20-92

E-mail: km@mgutm.ru

Нурмагомедова Наталья Викторовна

Московского государственного университета технологии и управления
105064, г. Москва, ул. Земляной вал, 73.

Аспирант

Тел.: (495) 917-20-92

E-mail: km@mgutm.ru