На правах рукописи

Кривенко Дмитрий Анатольевич

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ДОКУМЕНТООБОРОТА (НА ПРИМЕРЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ)

Специальность 05.13.10 – управление в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2008

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Научный руководитель:	доктор технических наук, профессор **Канищев Александр Николаевич**
Научный консультант:	кандидат технических наук, доцент **Белоусов Вадим Евгеньевич**
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор **Погодаев Анатолий Кирьянович**
	кандидат технических наук **Шабанов Андрей Валерьевич**
Ведущая организация:	**Институт поблеем управления им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва)**

Защита диссертации состоится 23 апреля 2008 г. в 14^{00} часов на заседании диссертационного совета К 212.033.01 при Воронежском государственном архитектурно-строительном университете по адресу:
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ауд. 3220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан « 24» марта 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Чертов В.А.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблемам повышения качества выполняемых работ в дорожной отрасли России в последнее время уделяется все большее значение. Однако опыт последних лет доказал, что средства выделяемые государством по аукционному принципу (т.е. в конечный результат) расходуются крайне неэффективно. Проще всего в этом обвинить сами организации занимающиеся эксплуатацией и обслуживанием автомобильных дорог, однако указанная проблема требует серьезного анализа.

Качество в терминах стандарта ISO 9001:2000 понимается как конечный продукт всей деятельности - это качество поставляемого сырья, самих выполняемых работ и наконец, сдачи готовых объектов. Выполнение указанных задач реализует развертывание на предприятии системы менеджмента качества (СМК), нацеленной на выполнение каждым своих обязанностей в основном не по вертикали, а по горизонтали. Естественно, что такой переход сотрудниками воспринимается весьма болезненно, т.к. требует непрерывного совершенствования процессов как всего предприятия, так и выполняемых таким сотрудником.

На предприятиях дорожного хозяйства в основном проверка качества осуществляется дорожными лабораториями, когда поздно уже что-либо исправлять. Поэтому, повышение качества работ при одновременном снижении затрат невозможно без существенной модернизации системы управления современным предприятием, построенной на основе новейших разработок в области информационных технологий обеспечивающих поддержку принятия решений должностными лицами при выполнении своих функциональных обязанностей с реорганизацией бизнес – процессов на основе методов реинжиниринга. Системы документооборота на предприятиях дорожно-строительной отрасли по-прежнему построены по иерархическому признаку, функциональные задачи ставятся дольно формально, а процедуры согласования документов носят затяжной, а зачастую избыточный характер, что е дает возможность реализовать процедуры мониторинга качества выполняемых работ и получить достоверную, оперативную и актуальную информацию, необходимую для управления организацией. Несвоевременность и несистематичность получения такой информации руководством предприятия без реализации прогнозирующих и диагностических функций, а также учета индивидуальных особенностей менеджеров может привести к несвоевременным или неверным решениям по корректировке производственной деятельности, которые не позволят повысить качество работ. Необходимо синтезировать систему управления документооборотом предприятия, обеспечивающую реализацию всех вышеперечисленных задач, что невозможно без интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью изыскание нового научного решения задачи повышения обоснованности и эффективности решений, принимаемых в процессе управления документооборотом ДРСО и обеспечивающих снижение затрат при существую-

щем управленческом персонале, является **актуальным** в научном и практическом плане.

Основные исследования, получившие отражение в диссертации, выполнялись по планам научно-исследовательских работ:

– федеральная комплексная программа «Исследование и разработки по приоритетным направлениям науки и техники гражданского назначения»;

– госбюджетная научно – исследовательская работа «Разработка и совершенствование моделей и механизмов внутрифирменного управления».

Цель исследования заключается в разработке моделей и алгоритмов для систем управления документооборотом обеспечивающих снижение временных и финансовых затрат менеджеров с заданным качеством выполняемых задач.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих **основных задач**:

проанализировать существующие системы управления документооборотом ДРСО;

построить механизм для оценки значимости показателей функции качества;

синтезировать модель системы управления документооборотом ДРСО, позволяющая выявить «узкие места» при ее функционировании;

сформировать механизм для определения классов важности и срочности документов в СДО;

синтезировать имитационную модель СДО с возможностью определения состояний системы в различные моменты времени;

построить механизм анализа состояний СДО с выявлением возможных причин расхождений;

разработать модель и алгоритм функционирования СДО с возможностью анализа и выбором набора управленческих решений при корректировке значений параметров функционирования, позволяющие оптимизировать систему менеджмента качества в области документооборота, за счет интеллектуальной поддержки процесса управления;

провести экспериментальные исследования предложенных алгоритмов и моделей для аналитического сравнения с существующими моделями СДО, проанализировать их и получить оптимальный вариант.

Методы исследования. В работе использованы методы моделирования организационных систем управления, системного анализа, теории игр, теории вероятности, теории принятия решений, теории массового обслуживания.

Научная новизна. В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Построен механизм для оценки значимости показателей функции качества, позволяющий оценить их значения на основе метода анализа иерархий.

2. Синтезирована модель системы управления документооборотом ДРСО, позволяющая выявить «узкие места» при ее функционировании.

3. Сформирован механизм для определения классов важности и срочности документов в СДО повышающий точность распознавания документа за счет поиска подмножестве максимальных по включению отображений.

4. Синтезирована имитационная модель СДО с возможностью определения состояний системы в различные моменты времени.

5. Построен механизм анализа состояний СДО с выявлением возможных причин расхождений за счет использования аппарата искусственного интеллекта.

Достоверность научных результатов. Научные положения, теоретические выводы и практические рекомендации, включенные в диссертацию, обоснованы математическими доказательствами. Они подтверждены расчетами на примерах, производственными экспериментами и многократной проверкой при внедрении в практику управления.

Практическая значимость и результаты внедрения. На основании выполненных исследований синтезированы модели и механизмы управления в СДО, позволяющие существенно повысить качество обработки документов менеджерами предприятия, а также непрерывно осуществляя мониторинг качества бизнес-процессов в системе обнаруживать несоответствия в их состояниях, анализировать причины и обеспечивать поддержку деятельности руководителей в целях корректировки нежелательных состояний, с предложением инструментов институционального управления.

Использование разработанных в диссертации моделей и механизмов позволяет многократно применять разработки, тиражировать их и осуществлять их массовое внедрение с существенным сокращением продолжительности трудозатрат и средств.

Разработанные модели используются в практической деятельности следующих предприятий: ООО «Новые строительные технологии» (Воронежский филиал), Дорожная управляющая компания ООО «Лакдей» (г. Москва).

Модели, алгоритмы и механизмы включены в состав учебного курса «Управление качеством», в Воронежском государственном архитектурно–строительном университете.

На защиту выносятся:

1. механизм для оценки значимости показателей функции качества;
2. модель системы управления документооборотом ДРСО;
3. механизм для определения классов важности и срочности документов в СДО;
4. имитационная модель СДО с возможностью определения состояний системы в различные моменты времени;
5. механизм анализа состояний СДО с выявлением возможных причин расхождений.

Апробация работы. Основные результаты исследований и научных разработок докладывались и обсуждались на конференциях, симпозиумах, совещаниях и научных сессиях: 62 научно-технической конференции по проблемам архитектуры и строительных наук (Воронеж, ВГАСУ, 2006 г.),

международной научно-практической конференции «образование, наука, производство и управление» (Старый Оскол, СТИ МИСиС, 2006 г.) и международной научной конференции «Сложные системы управления и менеджмент качества» (Старый Оскол, СТИ МИСиС, 2007), V международной конференции «Системы управления эволюцией организацией», г. Салоу, Испания, 10-16 сентября 2007.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ общим объемом 63 страницы (лично автором выполнено 39,5 с).

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в следующем: в работах [2], [4], [8], [9] автором разработаны модели формирования систем качества на предприятиях дорожной отрасли; в работе [7] автору принадлежит модель прогнозирования параметров качества многоуровневых систем; в работах [6] автор определяет способы минимизации затрат при реализации проекта; в работах [1], [5] автором разработаны модели управления производственными системами; в работе [3] автору принадлежит механизм управления информационными потоками при обработки документов; в работе [10] автором разработан экспертный механизм для классификации документов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Она содержит 141 страницу основного текста, 24 рисунков, 16 таблиц и приложения. Библиография включает 126 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновываются актуальность, описываются цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе проанализирована существующая система управления документооборотом дорожно-строительной организации (ДРСО).

В первом параграфе раскрываются цели, задачи и функции системы документооборота в общей структуре системы менеджмента качества ДРСО, проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем.

Во втором параграфе рассмотрены описательные модели существующих СДО, как составных частей систем управления организацией. Определены механизмы разработки, внедрения СДО и оценки результативности функционированиям со стороны должностных лиц ДРСО.

В третьем параграфе в результате анализа функционирования СДО ДРСО доказано, что существующий вариант системы (рис. 1), содержащий в своей основе иерархическую модель становится инертной к резко меняющимся условиям функционирования. Систему документооборота можно представить как упорядоченную пару $S=<M,R>$, в которой $M=\{m_i :\in I=\{1,2,...,I\}, I=\{1,2,3,...\}\}$ есть конечное множество элементов (органов принятия решений), а $R=\{Rj :j\in J=\{1, 2. ..., J), J=$ I, 2. ..., $2^{2_1}\}$. -

конечный класс отношений R_j определенных на множестве M. Система разделена на подсистемы (по признаку обрабатываемых документов) $S = \{S_1, S_2, \ldots S_j, \ldots S_p\}$ где $S_p = \langle M_f, R_f \rangle, f \in 1, F$, а класс отношений R на множестве элементов системы образует ее структуру тогда и только тогда, когда существует хотя бы одно отношение, эквивалентное на множестве M. Тогда $T = \bigcup_{m \in M} T_m, \quad T_m = \{t_n^m : n \in (0,1,\ldots)\}$ - системное время (а элементы множества-моменты).

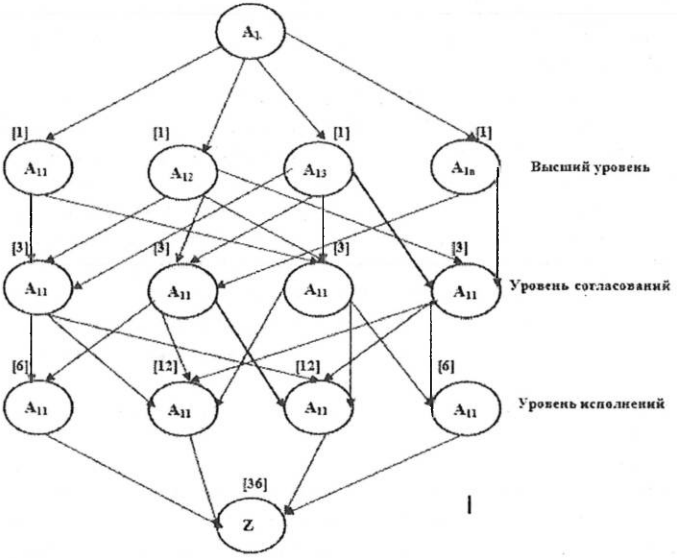

Рисунок 1 – Иерархический вариант СДО

Каждую подсистему характеризует вектор свойств $\forall_{m \in M} C^{(m)} = \langle C_1^{(m)}, C_2^{(m)}, \ldots C_k^{(m)} \rangle, k_m \geq 1, m,$ (значения свойств изменяются во времени). Для каждого свойства определяется множество его возможных значений: $Z_k^m \subset R, k \in 1, k_m,$ где R множество действительных чисел.

Множество входов СДО определим $X = X^w \cdot Z^z$, где $X^w = X_1^w \cdot \ldots \cdot X_m^w \cdot \ldots \cdot X_M^w$ и $X^z = X_1^z \cdot \ldots \cdot \ldots \cdot X_m^z \cdot \ldots \cdot X_M^z$ (X_M^w и X_M^z - множество внутренних входов (от других подсистем) и множество внешних входов (из окружающей среды) соответственно), а множество выходов системы – как $Y = Y^w \cdot Y^z$, где $Y^w = Y_1^w \cdot \ldots \cdot Y_m^w \cdot \ldots \cdot Y_M^w$ и $Y^z = Y_1^z \cdot \ldots \cdot \ldots \cdot Y_m^z \cdot \ldots \cdot Y_M^z$.

Функционирование системы определяет множество реализованных в ней элементарных процессов:

$$\forall_{m \in M} P_m = \{P_k^m : k \in 1, K_m\} \neq \varnothing$$

Пусть определено множество всех процессов, реализованных в системе: $P^H = \{P_h : h \in \{1, H\}\}$, где $H \geq 1$ означает количество процессов в системе, и для каждого процесса P_h, определено множество его элементов, реализующих этот процесс: $M^h = \{m : \wedge P^m \in P_h\}, \bigcup_{k=1} M^h = M$. Тогда получим семейство множеств: $M^H = \{M^h : h \in \{1, M\}\}$. Динамической структурой системы определим пару множеств: $(P^H, R_H), R_H \subset P^H \cdot P^H$, (H - определяет степень ее сложности). Если $H = 1$, то динамическая структура системы минимальна, если $H=M$, она максимальна.

Анализ рассмотренной модели позволяет сделать следующие выводы: по мере увеличения динамической структуры системы документооборота резко возрастает; время реакции СДО на возникающие ситуации имеет тенденцию к увеличению; количество согласований на каждом уровне СДО возрастает; отсутствует информация о предполагаемых состояниях СДО.

В четвертом параграфе рассмотрены критерии эффективности СДО и схема исследований. В соответствии с ISO 9001:2000 критериями эффективности являются: затраты на обеспечение качества документооборота: $K=(A+Д+П)*R+P$ и снижение временных издержек менеджеров ДРСО на организацию взаимодействия при анализе и корректировке параметров качества ($W_{взаим}$).

Во второй главе рассматривается задача разработки моделей компонентов СДО.

В первом параграфе описывается механизм для оценки значимости показателей функции качества, позволяющий оценить их значения на основе метода анализа иерархий. Для этого определив цели СДО в области качества осуществим конструирование иерархии, начиная с вершины структуры, через промежуточные уровни (определяющие критерии оценки по степени достижению в направлении самого нижнего уровня, являющегося множеством выбранных для оценки альтернативных решений. Затем конструируем матрицы и множество матриц попарных сравнений параметров качества и альтернатив их достижения (получаем квадратичную матрицу). На втором уровне формулируется состав локальных приоритетов, которые определяют относительное влияние множества критериев на момент высшего уровня. Таким образом, получаем квадратные матрицы оценок, когда попарное уравнение элементов критериев, альтернатив) происходит при доминировании одного элемента по отношению к другому. Эти оценки затем представляются целыми числами. На третьем этапе для получения каждой квадратной матрицы требуется $n(n-1)/2$ оценок, где при каждом попарном сравнении элементов автоматически определяются обратные значения. Эта оценка осуществляется следующим образом: сравниваются критерии K_i и K_j с точки зрения их важности для определенного процесса принятия решений и рассчитываются значения z_{ij} и z_{ji} . Образуется матрица Z размером m x m с элементами $z_{ij} = 1$ и z_{ij}.

Для каждой матрицы определяются *вектор локальных приоритетов* $y_i = y_1 \ldots, y_n$, максимальное собственное значение λ_{max}, *индекс согласованности* ИС и *отношение согласованности* оценок ОС. Чтобы найти вектор локальных приоритетов, для каждой матрицы определяется множество собственных векторов, а затем нормализуется результат. Принятие решений осуществляется на основе учета индекса согласованности (который дает информацию о степени нарушения численной и транзитивной (порядковой) согласованности), который определяется из отношения ИС = $(\lambda_{max} - n)/(n - 1)$, где n — количество сравниваемых элементов. Согласованность всей иерархии определяется умножением каждого индекса согласованности на приоритет соответствующего критерия и суммированием полученных чисел. Результат делится на выражение такого же типа, но случайным индексом согласованности, соответствующим размерам каждой взвешенной приоритетами матрицы.

Во втором параграфе рассмотрена модель системы управления документооборотом ДРСО, позволяющая выявить «узкие места» при ее функционировании. Модель СДО можно представить в виде направленного графа (рис.2) с учетом особенностей функционирования рассматриваемой системы.

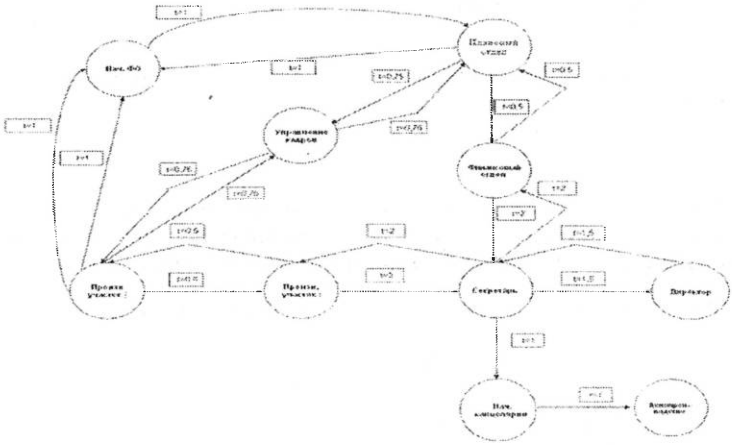

Рисунок 2 – Граф временных задержек потоков документов в системе документоборота

Из состояния (n,0) переход возможен только с увеличением количества документов на единицу. С другой стороны, если система находится в состоянии (n,C), то канал, согласно описанию, блокирован, и новый документ пройти не может. А так как после окончания конфликта система переходит в состояние (n,0), то этот случай соответствует уменьшению документов в СДО на две единицы. В последующем выполняется переход по ветви (n,0)→(n+1,1).

Особенностью представленной полумарковской модели является выполнение требования о том, чтобы хотя бы на одном из переходов процесс имел пуассоновское распределение. Возникающее таким образом затруднение может быть преодолено на основе метода расширения пространства состояний на одном из переходов графа состояний сети. С учетом последействия в потоках заявок, возникающих на тех переходах, где число активных станций в сети увеличивается на единицу, преобразуем граф состояний методом расширения пространства состояний, вводя на каждом из таких переходов *(к-1)* псевдосостояний, где *к* – порядок аппроксимирующего потока Эрланга.

Для каждого псевдосостояния можно записать уравнения:

$$\begin{aligned} &\frac{dp_1'}{dt} = k\lambda p_1 - k\lambda p_1' \\ &\frac{dp_1''}{dt} = k\lambda p_1' - k\lambda p_1'' \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ &\frac{dp_1^{k-1}}{dt} = k\lambda p_1^{k-2} - k\lambda p_1^{k-1} \end{aligned} \qquad (1)$$

В стационарном режиме производные в левой части равны нулю, и тогда получаем:

$$\begin{aligned} &k\lambda p_1^i = k\lambda p_1^{i-1} \\ &p_1^i = p_1^{i-1} \end{aligned} \qquad (2)$$

Таким образом, получаем *к* равновероятных состояний СДО, включая псевдосостояния. Отсюда следует, что при составлении уравнения стохастического равновесия для состояния S_2 можно сделать замену. Если исходное уравнение имеет вид: $\frac{dp_2}{dt} = \gamma p_1 + k\lambda p_1^{k-1} + \dots$, то можно записать:

$$\frac{dp_2}{dt} = \gamma p_1 + k\lambda p_1 + \dots$$

Введем следующие обозначения:

$kG(n)=G_1(n)$, $T_1(n)= G_1(n)+(n-1)R(n-1)$.

Тогда

$$p_1'(n,x) = -(T_1(n) + a(x) + b(x))p_1(n,x), \quad x \ge 0; \quad n = \overline{1,N} \qquad (3)$$

$$p_1(n,0) = nR(n)p_0(n) + G_1(n-1)p_0(n-1), \qquad n = \overline{1,N} \qquad (4)$$

$$p_c'(n,x) = -(G_1(n) + c(x))p_c(n,x) + (1-\delta_n^1)G_1(n-1)p_c(n-1,x), \quad x \ge 0 \qquad (5)$$

В результате решения этих уравнений можно показать, что вероятности состояний $p_1(n,x)$ и $p_1(n,x_1,x_2)$ имеют вид:

$$p_1(n,x) = p_1(n,0)e^{-T_1(n)x}(1 - A(x))(1 - B(x)), \quad x \ge 0; \quad n = \overline{1,N} \qquad (6)$$

$$p_{ld}(n, x_1, x_2) = e^{-T_1(n)x_2}(1 - A(x_1))(1 - A(x_1 - x_2))^{-1} p_{ld}(n, x_1 - x_2, 0) \quad (7)$$

Условие нормировки вероятностей состояний, в отличие от случая Марковского потока пакетов сообщений в СДО приобретает вид:

$$\sum_{n=1}^{N}(kp_0^э(n) + kp_1^э(n) + kp_s^э(n) + kp_{ld}^э(n) + p_c^э(n)) = 1$$

где $\quad p_c^э(n) = p_c(n)$.

Преобразуем последнее выражение

$$\sum_{n=1}^{N}\sum_{\upsilon\in X} kp_\upsilon^э(n) - \sum_{n=1}^{N}(k-1)p_c(n) = 1$$

$$\sum_{n=1}^{N}\sum_{\upsilon\in X} p_\upsilon^э(n) = \frac{1 + \sum_{n=1}^{N}(k-1)p_c(n)}{k} = \frac{1}{k} + \left(1 - \frac{1}{k}\right)\sum_{n=1}^{N} p_c(n) \quad (8)$$

Полученное соотношение необходимо постольку, поскольку основные соотношения включают в себя сумму $p_\upsilon(n)$ по всем N, а с учетом введенных в уравнения поправок это будут суммы $p_\upsilon^э(n)$. Перечислим основные результаты, полученные с учетом последействия в потоках документов в СДО.

1. <u>*Вероятности состояний в стационарном режиме*</u>:

$$p_\upsilon = k\sum_{n=1}^{N} p_\upsilon^э(n) + \delta_\upsilon^0 p_0(0); \quad \upsilon \in X, \ \upsilon \neq C$$

$$p_c = \sum_{n=1}^{N} p_c^э(n) = \sum_{n=1}^{N} p_c(n) \quad (9)$$

В потоке документов возрастает упорядоченность возникновения запросов, что, в свою очередь, снижает вероятность возникновения конфликта.

2. <u>*Среднее число документов в СДО*</u>:

$$\overline{N} = k\sum_{n=1}^{N}\sum_{\substack{\upsilon\in X\\ \upsilon\neq C}} np_\upsilon^э(n) + \sum_{n=1}^{N} np_c(n) =$$

$$= k\sum_{n=1}^{N}\sum_{\upsilon\in X} np_\upsilon^э(n) - (k-1)\sum_{n=1}^{N} np_c(n) \quad (10)$$

Каждый документ проходит согласования в течение достаточно длительного времени, что вызывает увеличение среднего документов.

3. <u>*Средняя пропускная способность менеджера*</u>:

$$
\begin{aligned}
T &= \mu_b \sum_{n=1}^{N} G(n) \sum_{\upsilon \in X} p_\upsilon(n) = \mu_b \lambda \sum_{n=1}^{N} (N-n) \sum_{\upsilon \in X} p_\upsilon(n) = \\
&= \mu_b \lambda (\sum_{n=1}^{N} N \sum_{\upsilon \in X} p_\upsilon(n) - \sum_{n=1}^{N} n \sum_{\upsilon \in X} p_\upsilon(n)) = \\
&= \mu_b \lambda (N \sum_{n=1}^{N} \sum_{\upsilon \in X} p_\upsilon(n) - \sum_{n=1}^{N} n \sum_{\upsilon \in X} p_\upsilon(n)) = \\
&= \mu_b \lambda N - \mu_b \lambda (\sum_{n=1}^{N} \sum_{\substack{\upsilon \in X \\ \upsilon \neq C}} nkp_\upsilon^{\partial}(n) + \sum_{n=1}^{N} np_c(n)) = \\
&= \mu_b \lambda N - \mu_b \lambda (k \sum_{n=1}^{N} \sum_{\upsilon \in X} np_\upsilon^{\partial}(n) - (k-1) \sum_{n=1}^{N} np_c(n)) = \\
&= \mu_b \lambda N - \mu_b \lambda \overline{N} = \mu_b \lambda (N - \overline{N})
\end{aligned}
\tag{11}
$$

Поскольку количество документов в СДО $\overline{N}$ будет увеличиваться с ростом ***K***, средняя пропускная способность менеджера будет снижаться при неизменной интенсивности потока λ.

4. <u>*Среднее время пребывания документа в СДО*</u> W, определяется формулой:

$$
W = \overline{N} \mu_b^{-1} / \lambda (N - \overline{N}) = \frac{\overline{N}}{T} \tag{12}
$$

С возрастанием порядка потока ***K***, и, как следствие, среднего числа документов $\overline{N}$, показатель W будет существенно повышаться.

Таким образом, рассчитав пропускные способности менеджеров в СДО и определив величины потока документов можно определить вероятные «узкие места СДО» с целью предупреждения нежелательных последствий.

В третьем параграфе рассмотрена имитационная модель СДО с возможностью определения состояний системы в различные моменты времени.

Пусть имеется совокупность данных по конкретным оценкам параметров бизнес-процессов СДО за временной период $t_0; t^*; t_k$, где t_0- период, предшествующий прогнозированию; t^*-точка отсчета; $t_к$- прогнозный период. Тогда, построив имитационную модель СДО в среде GPSS World и проведя не менее 50-ти экспериментов получим набор данных, которые могут составить прогноз поведения СДО во временной плоскости. Довольно немаловажным вопросом является оценка влияния факторов в дробном эксперименте. Допустим, что в ходе эксперимента получена истинная модель

$$
E(y_i) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_{ij} + \sum_{j} \sum_{h} \beta_{jh} x_{ij} x_{ih} \tag{13}
$$

где можно получить чистые квадратичные эффекты β_{ij}. Пусть k факторов x_j объединены в g групп $X_1, \ldots, X_g$. Эти g групп проверяются в плане разрешения III. Тогда мы знаем, что $\sum_{i=1}^{N} x_{ij} = 0,\ j = 1, \ldots, k$, и если факторы j и j' принадлежат

одной группе, то $\sum_i (x_{ij} x_{ij}') = \sum_i (+1) = N$. Если же факторы j и j' принадлежат к двум различным группам, то $\sum_i (x_{ij} x_{ij}') = 0$.

В плане Плэкета—Бермана взаимодействие двух факторов можно выразить как линейную комбинацию главных эффектов и общего среднего. Отсюда столбец взаимодействия между j и j', допустим $\overrightarrow{x_{ij'}}$, удовлетворяет

$$\left(\overrightarrow{x_{ij}'}\right) = \sum_{i=0}^{g} a_i \overrightarrow{x_i}. \tag{14}$$

или

$$x_{ij} x_{ij}' = \sum_{i=0}^{g} a_i x_{ij}. \tag{15}$$

Следовательно,

$$\sum_i x_{ij} x_{ij}' x_{ij}'' = \sum_i \sum_{l=0} a_l x_i x_{ij}'' = \sum_l a_l \sum_i x_{ij} x_{ij}'' = N a_j''. \tag{16}$$

где последнее равенство следует из (15) и (16).

Главный эффект оценивается из

$$\hat{\alpha}_p = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N} x_{ip} y_i, \tag{17}$$

откуда

$$\begin{aligned} E\left(\hat{\alpha}_p\right) &= \frac{2}{N} \sum_j x_{ip} E(y_i) = \frac{2}{N} \sum_i x_{ij} x_{ih} \left(\beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij} + \sum_j \sum_h \beta_{jh} x_{ij} x_{ih} \right) = \\ &= \frac{2}{N} \left(\beta_0 \sum_i x_{ip} + \sum_j \beta_j \sum_i x_{ij} x_{ih} + \sum_j \sum_h \beta_{jh} \sum_i x_{ip} x_{ij} x_{ih} \right) \end{aligned} \tag{18}$$

Рассмотрим три слагаемых в скобках:

1) в силу (14) первое слагаемое обращается в нуль;

2) в силу (15) и (16) второе слагаемое сводится к $N \sum_s \beta_s$, где фактор s принадлежит к той же группе, что и p (или фактор p и есть сам фактор s, если $p = s$);

3) в силу (17), последнее слагаемое сводится к $N_{a_p} \sum_z \sum_\omega \beta_{z\omega}$, где факторы z, w и p принадлежат трем различным группам (а множитель $a_p = 1$ для плана 2_{III}^{g-p}). Таким образом,

$$E\left(\hat{\alpha}_p\right) = 2 \sum_s \beta_s \beta_{jh} x_{ij} x_{ih\,p} \sum_z \sum_\omega \beta_{z\omega}. \tag{19}$$

При проверке g факторных групп в плане *разрешения* IV главные эффекты факторов будут ортогональны к взаимодействиям между двумя групповыми факторами. Отсюда (13) и (16) заменяются на

$$\sum_i x_{ij} x_{ij}' x_{ij}'' = 0, \tag{20}$$

а (17) сводится к

$$E\left(\hat{\alpha}_p\right) = 2 \sum_s \beta_s. \tag{21}$$

В результате, повысив точность прогноза устранив влияние малозначимых факторов, можно с высокой степенью достоверности установить, какими будут ее состояния по целевым показателям качества функционирования в определенные моменты времени. Тем самым можно предвидеть, наступят ли нежелательные с точки зрения ЛПР события, что даст возможность менеджеру соответствующего звена управления оперативно вмешаться в ход событий.

В четвертом параграфе описан механизм классификации документов в СДО по степени важности и срочности. Для этого формируется эталонная группа и затем производится сравнение с эталонами ("похожие" с заданной степенью близости эталоны объединяются в группы; на этапе классификации выбирается ближайшая группа, и перебор осуществляется только внутри выбранной группы). Из этого следует возможность рационального выбора вида и величины меры близости, используемой при разбиении множества эталонов.

Пусть $P = \{p_i\}_{i=1}^{m}$, где $p_i \in R^n$ — множество эталонных признаков, характеризующих классифицируемые документы. Вектор $q \in R^n$ характеризует регистрируемые данные: необходимо минимизировать

$$\rho(p,q) \to \min_i$$

где ρ —взвешенная мера близости.

П(Р)— множество всех непустых подмножества Р. Среди точечно-множественных отображений F: Р → П(Р) выделим систему $\{F_a\}_{a\in N}$ реализующую разбиение множества Р на классы $\{F_a(p)\}_{a\in N}$ такие, что

$$\forall p_1, p_2 \in P : p_1 \neq p_2 \Rightarrow (F_a(p_1) = F_a(p_2)) \vee \\ \vee (F_a(p_1) \cap F_a(p_2) \neq \theta) \tag{22}$$

$$\bigcup_{p\in P} F_a(p) = P \tag{23}$$

Среди отображений, удовлетворяющих соотношениям (1) и (2), выделим те, для которых

$$\forall p_1, p_2 \in P : \rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon = F_a(p_2) \tag{24}$$

и обозначим эти отображения $\{F_1^\varepsilon, F_2^\varepsilon, \ldots\}$. Заметим, что отображение $\{F_a^\varepsilon\}_{a\in N}$ генерирует классы $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, состоящие из признаков, принадлежащих некоторой окрестности ε. Пусть ε' — требуемая точность классификации. Если ε' > ε, то для корреляционной классификации достаточно выполнить N сравнений вводимого вектора $q \in R^n$ с векторами эталонных признаков, где

$$N = \min N(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} card\,\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p\in P} \tag{25}$$

Это выражение означает, что любая точка $p_i \in F_a^{\varepsilon}(p)$ соответствует вектору q. При условии ε' > ε для решения поставленной задачи необходимо минимизировать функционал вида

$$N = \min N(F_a^{\varepsilon}) \min_{F_a^{\varepsilon}} card\,\{F_a^{\varepsilon}(p)\}_{p\in P} + \max_{p\in P} card\; F_a^{\varepsilon}(p) \qquad (26)$$

В самом общем случае построим целевую функцию для иерархических разбиений с заданным числом уровней кластеризации:

$$N = \min N(F_a^{\varepsilon}) = \min_{F_a^{\varepsilon}}\Big(\sum_{i=1}^{m-1} \max_{p\in P} card\,\{\widetilde{F}^{i}(p)\}_{p\in\widetilde{F}^{i-1}(p)} + \max_{p\in P} card\; \widetilde{F}^{b}(p) \qquad (27)$$

Таким образом, предлагаемая обработка множества эталонных признаков базируется на поиске точечно-множественного отображения:

$$F_a^{\varepsilon} = arg\,\min N(F_a^{\varepsilon})$$

Введем в рассмотрение отношение частичного порядка для системы $\{F_a^{\varepsilon}\}_{a\in N}$: $F_{a_1} \prec F_{a_2}$ тогда и только тогда, если $F_{a_1}(p) \subset F_{a_2}(p)$. Используя этот частичный порядок, можно выделить класс максимальных по включению отображений: Max($\{F_a^{\varepsilon}\}$, $\prec$). В терминах точечно-множественных отображений алгоритма состоит в построении последовательностей сужений отображений:

$$\Phi_K|_{\Gamma_k^j} : \Gamma_k^j \to \Pi(\Gamma_k^j)$$

<u>Алгоритм</u>

Шаг 1 $\Phi_K(p) = \cup\, p_i^j.,\ p_i^j. = arg \max_{p_i\in\Gamma^j} card\{\, p_i \oplus \varepsilon B^n \,\}$

где ⊕ — сумма Минковского, B^n — единичный шар в R^n

Шаг 2 $\Gamma_k^j = P\backslash\Phi_0(p)\backslash\, \Phi_1(p)\backslash\ldots\backslash\, \Phi_{K-1}(p);$

$\Phi_0(p) = \varnothing,\ \kappa = \overline{1,K},\ K:\ \Gamma_{K+1}^1 = \varnothing;$

$\Gamma_k^{j+1} = \{\, p_i^j. \oplus \varepsilon B^n \,\}\backslash\{\, p_i^j. \},\ j = \overline{1,l_k},\ l_k:\ \Gamma_k^{lk+1} = \varnothing$

Шаг 3 сужение множества рассматриваемых отображений.

Повторяя и комбинируя эти процедуры для всех классов $F_{\beta}^{\varepsilon}(p)$ приходим к *общему случаю*, что и требовалось доказать. Тем самым показано, что требуемое точечно-множественное отображение F^{ε} можно искать лишь на подмножестве максимальных по включению отображений:

$$\{F_{\lambda}^{\varepsilon}\}_{\lambda\in N} \subset \{F_{\beta}^{\varepsilon}\}_{\beta\in N} \subset \mathrm{Max}(\{F_a^{\varepsilon}\},\ \prec).$$

В пятом параграфе представлен механизм анализа состояний СДО с выявлением возможных причин расхождений. Для этого воспользуемся аппаратом теории искусственного интеллекта с формированием экспертной системы для анализа ситуаций при управлении СДО. Основой такой системы является модель представления знаний (в нашем случае - продукционная). Не

менее важную роль играют машины вывода знаний. Для такой машины необходимо получить доказательства выводимости конкретного положения из группы посылок. Из теории исчисления предикатов первого порядка известно, что задача доказательства выводимости некоторого выражения из списка формул $D_1, D_2, \ldots, D_n$ т. е. задача

$$D_1, D_2, \ldots, D_n \vdash Q, \tag{28}$$

может быть сведена к доказательству общезначимости выражения

$$D_1 \& D_2 \& \ldots \& D_n) \rightarrow Q \tag{29}$$

Тогда можно предложить следующий алгоритм формирования выражения, описывающего ДУ выводимости соотношения (28).

Шаг 1. Выражение (29) преобразуется в ПНФ с использованием алгоритма:

$$\rangle\!| x_k \ldots \rangle\!| x_n \Phi(x_1, \ldots, x_k, \ldots, x_n). \tag{30}$$

При этом вынесению могут не подвергаться кванторы, продвинутые непосредственно к предикатам.

Шаг 2. Формула (30) связывается кванторами всеобщности по всем свободным переменным:

$$\forall x_1 \ldots \forall x_{k-1} \rangle\!| x_k \ldots \rangle\!| x_n \Phi(x_1, \ldots, x_n). \tag{31}$$

Шаг 3. С учетом соотношения $\models \exists x \forall y A(x,y) \rightarrow \forall y \exists x\ A(x,y)$ формула (31) преобразуется к виду

$$\exists x_1 \ldots \exists x_l\ \forall x_{l+1} \ldots \forall x_n \Phi(x_1, \ldots, x_n).$$

Шаг 4. Формула $\Phi(x_1, \ldots, x_n)$ преобразуется в КНФ:

$$\Phi(x_1, \ldots, x_n) = D_1 \& D_2 \& \ldots \& D_{mr} \tag{32}$$

где $D_i = F_1^i V \ldots V F_{l_i}^i; F_j^i$ — атомы или кванторные выражения вида

$$\rangle\!| x_1 \ldots \rangle\!| x_l F_i^j(x_1, \ldots, x_l);\ \rangle\!| x_l\ \forall x_i \text{ или } \exists x_i.$$

Шаг 5. В первом дизъюнкте КНФ (32) каждый атом связывается кванторами всеобщности по переменным $x_{l+1}, \ldots, x_n$, а затем кванторами существования по переменным $x_1, \ldots, x_l$ т. е.

$$\exists x_1 \ldots \exists x_l\ \forall x_{l+1} \ldots \forall x_n.\ F_1^i.$$

Шаг 6. Во всех оставшихся дизъюнктах атомы связываются кванторами всеобщности по всем переменным $x_1, \ldots, x_n$.

В результате реализации приведенного алгоритма получим выражение, описывающее ДУ выводимости вида

$$(\exists x_1 \ldots \exists x_l\ \forall x_{l+1} \ldots \forall x_n.\ F_1^1 \vee \ldots \vee \exists x_1 \ldots \exists x_l\ \forall x_{l+1} \ldots \tag{33}$$

$$\ldots \forall x_n.\ F_{l_1}^1) \& \ldots \& (\forall x_1 \ldots \forall x_n F_1^m \vee \ldots \vee \forall x_1 \ldots \forall x_n F_{l_m}^m).$$

При получении значения "истина" в каждой допустимой строке истинностной таблицы выражения (33) можно однозначно утверждать о наличии факта выводимости Q из $\{D_i\}$. Если же в истинностной таблице формулы (33) присутствуют строки со значением "ложь", но необходимые условия выводимости выполнены, то существует вероятность, что соотношение (28) все

же имеет место, поскольку в целом соотношение достаточных условий и доказываемого выражения можно определить как отношение следования.

В шестом параграфе алгоритм функционирования СДО и с возможностью выбора управляющих воздействий. После определения причин неудовлетворительных состояний СДО задача управления может быть сформулирована следующим образом: при минимальных затратах органа управления на получить максимальное значение его целевой функции. Далее выполняется следующий алгоритм: формируем множества действий для каждого менеджера (a_i^j) по параметрам качества СДО (x_i^j); на основе данных, полученных при оценке степени согласованности прогнозных и реальных результатов параметров бизнес-процессов составляем платежную матрицу(при этом в горизонтальной строке отложим возможные состояния СДО по бизнес-процессу. А в вертикальной - варианты множеств действий. Тогда выигрышами будут выступать затраты, которые данный орган управления должен затратить на обеспечение указанных состояний СДО); повторяем указанные действия для всех остальных органов управления СДО: выберем оптимальную стратегию для каждого орган управления СДО, рассчитав средне взвешенное выигрышей и риски их обуславливающие r_{ij} по формуле: $r_i^j = C - a_i^j$, где C-среднее взвешенное значение максимумов столбцов; строим матрицу рисков и помещаем в правом добавочном столбце максимальный риск в каждой строке γ_i (действуем в соответствии с принципом наименьшего сожаления).

На первом шаге вычисляются величины: $\gamma_{ij} = \max_i c_{ij} - c_{ij}$,

$$c_{ir} = \max_i \gamma_{ij} = \max_j (\max_i c_{ij} - c_{ij}). \qquad (34)$$

Затем каждый элемент матрицы решения $\|c_{ij}\|$ вычитается из наибольшего результата max c_{ij} соответствующего столбца (осуществляется выбор тех вариантов решений, в строках которых стоит наименьшее для этого столбца значение); аналогичную операцию проводим для остальных органов управления; сравниваем значения выбранных управленческих решений по корректировке параметров бизнес-процессов СДО по минимуму необходимых действий.

В результате получен механизм позволяющий осуществлять выбор управленческих решений, для конкретного органа управления исходя из принципа минимального сожаления.

В третьей главе рассмотрены методологические основы разработки и внедрения СДО ДРСО на примере ООО «Лакдей».

В первом параграфе представлены механизмы формирования СДО ДРСО. При разработке СДО ДРСО выделяют следующие этапы: подготовительный; обследование; разработка концепции развития ДРСО; обучение сотрудников методам безбумажного документооборота; разработка базовых процедур качества документооборота; внедрение процедур качества (в том числе электронную цифровую подпись); проведение внутренних аудитов СДО; сертификация СДО. Составлена матрица ответственности должност-

ных лиц по процедурам внедрения бизнес-процессов СДО и аудита их результативности. Алгоритм функционирования СДО представлен на (рис.3).

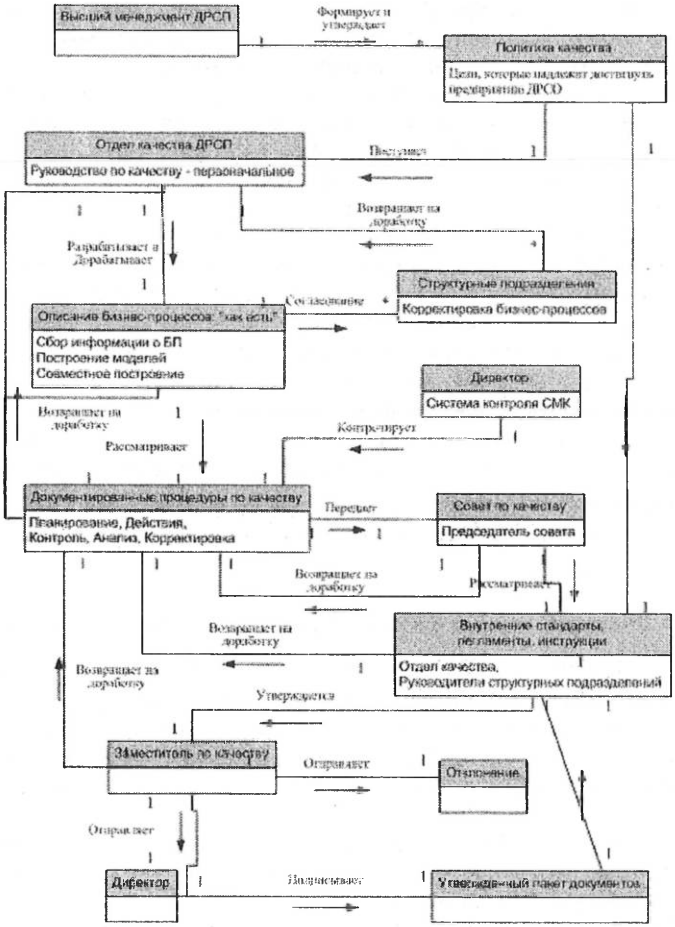

Рисунок 3 – Алгоритм функционирования СДО ДРСО

После внедрения СДО важную роль занимает распределение полномочий между должностными лицами ДРСО по поддержанию параметров качества бизнес-процессов и их непрерывного реинжиниринга при организации документооборота.

Обеспечение мониторинга состояния параметров бизнес-процессов необходимыми методическими материалами (U_2^1): включает (u_2^{41}) - прогнозирование параметров состояний СДО на плановый период.

Определение динамики мониторинга (U_2^2): служба качества, совместно с заместителем директора по качеству готовит дефектную ведомость бизнес-процессов.

Анализ полученных результатов с выработкой рекомендаций (U_2^3): обработка результатов электронных дефектных ведомостей (u_2^{13}); обсуждение результатов на планерках руководства(u_7), отделах (u_7); выработка отделом качества и менеджерами указаний по устранению недостатков (u_2^{33}).

Во втором параграфе приводятся практические рекомендации по формированию системы безбумажного документооборота основными функциями которых являются: ведение архива документов, поиск информации по выделенным признакам, планирование совместной работы по созданию документов и организацию их использования. Внедрению ИПИ на предприятии ДРСО должны предшествовать: анализ существующей на предприятии ситуации; разработка комплекса функциональных моделей бизнес-процессов, описывающих текущее состояние среды, в которой реализуется ЖЦ изделия; выработка и сопоставление возможных альтернатив совершенствования как отдельных бизнес-процессов, так и системы в целом. Ключевым электронным средством управления конфигурацией в CALS/ИПИ является управление данными о продукции PDM (Product Data Management). PDM применяется и для преобразования бумажного хранилища документации в электронный вид.

В третьем параграфе дается оценка эффективности разработанной СДО ДРСО, которая обеспечивает снижение временных затрат менеджеров на организацию взаимодействия при корректировке параметров качества и составила 29 %. При этом затраты на обеспечение достигнутого уровня качества бизнес-процессов в СДО снижаются по мере предупредительных действий до 18.

В заключении приводятся основные теоретические и практические результаты и выводы диссертационной работы. Приложение содержит материалы о внедрении результатов диссертации.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ РАБОТЫ

В ходе выполнения диссертационного исследования получены следующие основные результаты:

1. Проанализированы существующие системы управления документооборотом ДРСО.

2. Построен механизм для оценки значимости показателей функции качества.

3. Синтезирована модель системы управления документооборотом ДРСО, позволяющая выявить «узкие места» при ее функционировании.

4. Сформирован механизм для определения классов важности и срочности документов в СДО.

5. Синтезирована имитационная модель СДО с возможностью определения состояний системы в различные моменты времени.

6. Построен механизм анализа состояний СДО с выявлением возможных причин расхождений.

7. Разработана модель и алгоритм функционирования СДО с возможностью анализа и выбором набора управленческих решений при корректировке значений параметров функционирования, позволяющие оптимизировать систему менеджмента качества в области документооборота, за счет интеллектуальной поддержки процесса управления.

8. Проведены экспериментальные исследования предложенных алгоритмов и моделей для аналитического сравнения с существующими моделями СДО, проведен их анализ и получении оптимальный вариант.

Основные результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Кривенко Д.А. Модель динамической производственной системы с согласованным поведением/Бурков В.Н., Кривенко Д.А., Серебряков А.В. // ВЕСТНИК ВГТУ. Воронеж, Том 3, № 9, 2007 – С. 138- 141(лично автором выполнено 3 с).

2. Кривенко Д.А. Построение системы менеджмента качества производства с использованием метода имитационного моделирования / Кривенко Д.А., Канищев А.Н., Каратаева Т.В. // ВЕСТНИК ВГТУ. Воронеж, Том 4, №1, 2008 – С. 161-166.

3. Кривенко Д.А. Модель управления информационными потоками в системах организационного управления/ Белоусов В.Е., Ефремов М.А., Каратаева Т.В., Кривенко Д.А.// ВЕСТНИК ВГТУ. Воронеж, Том 4, №2, 2008 – С. 118-125.

4. Кривенко Д.А. Модель управления параметрами качества в многоуровневых системах/ Кривенко Д.А., Калугин Р.П., Каратаева Т.В.//Системы управления и информационные технологии. Науч. тех. журнал № 1.1 (31), 2008 – С. 121-127.

Статьи, материалы конференций

5. Кривенко Д.А. Управление продолжительностью проекта на основе детерминированной модели /Потапов С.Ю., Кривенко Д.А., Сиренько С.В.// Материалы международной научно-практической конференции «Об-

разование, наука и производство». г. Старый Оскол. ТОМ 1, 2006 – С. 331-335.

6. Кривенко Д.А. Модель минимизации затрат при формировании команды проекта / Врублевская С.С., Кривенко Д.А., Половинкина А.И.// Сборник научных трудов СЕВКАВГТУ. Ставрополь, 2007 – С.73-76.

7. Кривенко Д.А. Прогнозирование состояний сложных объектов на основе методов группового учета аргументов / Белоусов В.Е., Кривенко Д.А., Половинкина А.И.// Системы управления эволюцией организацией. Воронеж, (V международная конференция 10-16 сентября 2007) г. Салоу, Испания, 2007 – С.81-92.

8. Кривенко Д.А. Моделирование процессов управления качеством обучения специалистов автоматизированных систем управления производством / Суровцев И.С., Баркалов С.А., Белоусов В.Е., Кривенко Д.А.// Материалы международной научно-практической конференции «Сложные системы управления и менеджмент качества». г. Старый Оскол. ТОМ 1, 2007 – С. 258-262.

9. Кривенко Д.А. Модели систем качества документооборота многоуровневых организаций//В кн.: Модели и методы управления строительными проектами. /Баркалов С.А., Буркова И.В., Курочка П.Н., Михин П.В. – М., ООО «Уланов – пресс». 2007 – С. 332-339.

10. Кривенко Д.А. Применение экспертных систем для оценки эффективности управления проектами в дорожном строительстве//В кн.: Модели и методы управления проектами в дорожном строительстве. / Баркалов С.А., Курочка П.Н., Половинкина А.И., Беляев Ю.А., Ерохин А.В. – М., ООО «Уланов – пресс». 2007 – С. 251-263.

Подписано в печать 21.03.2008. Формат 60x84 1/16. Уч. – изд. л. 1,0 Усл.-печ. 1,1 л.
Бумага писчая. Тираж 100 экз. Заказ № 157

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84