

УДК 621.3.068

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖАЮЩИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА*С.В. Прокопчина, д.т.н., профессор**(Финансовый университет при Правительстве РФ,
Ленинградский просп., 49, г. Москва, 125993, Россия);**А.Н. Ветров, к.т.н., профессор; С.А. Шереметьев**(Тверской государственной технической университет,
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь, 170026, Россия, is@tstu.tver.ru)*

Рассматриваются вопросы развития традиционных информационных систем управления водоснабжающим предприятием на основе процессного подхода. Отмечены недостатки существующих информационных систем, построенных по функциональному принципу. В частности, в них затруднено взаимодействие между функциональными подсистемами, отсутствуют метрологический контроль качества принимаемого решения и возможность свертки числовой, текстовой, графической и другой информации в единый поток, а также представление ЛПП интегрированной информации в удобной для восприятия форме. Информационно-управляющие системы, функционирующие на базе процессного подхода, позволяют иметь динамическую структуру системы на основе непрерывного познания свойств сложного объекта, строятся по единой методологии, учитывать разнотипность данных, степень их достоверности, обеспечивать интеграцию разноаспектной информации, выдавать варианты управленческих решений, иметь метрологическую оценку риска принимаемых управленческих решений. Процессный подход к управлению рассматривает деятельность организации как иерархию процессов, в которой процессы низшего уровня образуют процесс более высокого уровня. Порядок взаимодействия процессов в иерархической структуре, информационные связи каждого из них определяются регламентом. Управление предприятием рассматривается как управление последовательными взаимосвязанными процессами. В статье описывается опыт построения информационной системы для поддержки принятия управляющих решений в водоснабжающих организациях на основе процессного подхода. Для этой цели был использован программный комплекс «Инфоаналитик», позволяющий интегрировать разнородные потоки данных, реализуя методологию регуляризирующего байесовского подхода и байесовских интеллектуальных измерений. Способность программной среды «Инфоаналитик» производить сопряжение информационных потоков данных и знаний при неточной, неполной, нечеткой информации позволяет использовать его для решения задач мониторинга, аудита, моделирования и управления сложным объектом в условиях неопределенности. Апробация разработанной информационной системы в программной среде «Инфоаналитик» показала ее эффективность.

Ключевые слова: *информационные системы, процессный подход, регуляризирующий байесовский подход, технология байесовских интеллектуальных измерений.*

**MANAGEMENT AUTOMATION FOR THE WATER SUPPLYING ENTERPRISE
BASED ON THE PROCESS APPROACH***Prokopchina S.V., Dr. Tech. Sc., Professor**(Financial University under the Government of the Russian Federation,
Leningradskiy Av., 49, Moscow, 125993, Russian Federation);**Vetrov A.N., Ph.D. Tech. Sc., Professor; Sheremetev S.A.**(Tver State Technical University, Quay Nikitin, 22, Tver, 170026, Russian Federation, is@tstu.tver.ru)*

Abstract. Development of traditional information management systems of the enterprise constructed based on the process approach is considered. The disadvantages of existing information systems are underlined. For example, the interaction between subsystems is difficult; metrological quality control of decision-making is absent. A possibility of digesting numerical, text, graphical and other information in one dataflow, as well as presenting integrated data in representative style for a decision-maker is missing. Information management systems based on the process approach allow having dynamical system structure with continuous learning the features of a complex object. They also can be made according to a unified methodology, consider different data types, their reliability degree. They can provide integration of data with different aspects, management decision options; have metrological risk assessment for management decisions. The process approach represents company activities as process hierarchy, where lower level processes form higher level processes. An interaction between hierarchical processes is determined by regulations that consider data connections for each process. Enterprise management is considered as management of consecutive related processes.

The article describes an experience of creating an information system for operating decisions making support in water supplying companies based on the process approach. "Infoanalitik" is a software complex used for this experiment. It allows integrating different dataflows and implementing methodology of regularizing Bayesian approach and Bayesian intelligent measurements. "Infoanalitik" can conjugate information dataflows when data is inaccurate or incomplete. It allows using this software complex to solve problems of monitoring, audit, modeling and controlling a complex object under uncertainty. Testing the developed information system in "Infoanalitik" software complex shown its efficiency.

Keywords: *information systems, process approach, regularizing Bayesian approach, technology of Bayesian intellectual measurements.*

Водохозяйственное предприятие, как и любая структура или организация, ставит своей целью | повышение эффективности системы управления [1]. Проведенный авторами анализ деятельности

АСУ водоснабжающими предприятиями и комплексами показал, что управление осуществляется на принципах функционального подхода, который имеет ряд существенных недостатков: затруднена передача информации между функциональными подразделениями из-за вертикальной иерархичности системы; работники ориентированы на достижение локальных, а не общих результатов работы организации; требуется большое количество различных согласований, что приводит к неоправданно длительным срокам выработки управленческих решений. К тому же в применяемых в водоснабженческих комплексах информационных системах не осуществляется метрологический контроль качества принимаемого решения: точности, надежности и достоверности. В информационных технологиях, используемых при управлении в водоснабжающих комплексах, отсутствует возможность свертки числовой, текстовой, графической и другой информации. Это не позволяет интегрировать разноаспектную информацию в единый информационный поток для наиболее полного представления о контролируемом объекте и получать результаты анализа в форме, удобной для восприятия ЛПР, например в лингвистической. Сегодня при управлении водоснабжением ЛПР использует данные об уже проделанной работе или текущие данные, при этом отсутствуют аналитическая составляющая и функция прогнозирования характеристик управляемых объектов.

Устранить указанные недостатки в рамках функционального подхода очень сложно. Более перспективным является применение принципиально иного метода управления, основанного на процессном подходе. При его реализации возможны создание и внедрение информационно-аналитической системы менеджмента качества интеллектуального типа, которая может быть использована как *система поддержки принятия управленческих решений* (СППУР).

Информационно-управляющие системы, функционирующие на базе процессного подхода, по мнению авторов, должны удовлетворять как минимум следующим требованиям:

- иметь динамическую структуру системы на основе непрерывного познания свойств сложного объекта;
- строиться на единой методологии;
- учитывать разнотипность данных, степень их достоверности;
- обеспечивать интеграцию разноаспектной информации;
- выдавать варианты управленческих решений;
- иметь метрологическую оценку риска принимаемых управленческих решений.

Процессный подход к управлению рассматривает деятельность организации как набор процессов в системе взаимосвязанных подразделений. Управление предприятием рассматривается как управление последовательными взаимосвязанны-

ми процессами, что усиливает горизонтальные связи. Управление на основе процессов позволяет точно знать, кто и за что отвечает и как каждая операция влияет на конечный результат, что существенно сокращает временные затраты при принятии управленческих решений. Для определения роли, места и ответственности подразделения и его сотрудников в процессах, в которых подразделение участвует или с которыми взаимодействует, основных характеристик процессов существует регламент процесса. Он должен содержать следующую информацию:

- цель процесса: основное назначение процесса, определение того, для чего он создан;
- содержание процесса: определение основной задачи процесса, обеспечение его какими-либо ресурсами;
- владелец процесса: должностное лицо, наделенное полномочиями распоряжаться выделенными ресурсами и ответственное за результативность и эффективность процесса;
- руководитель процесса: должностное лицо, наделенное полномочиями управлять процессом и ответственное за его результативность;
- входы процесса: перечень входов (услуг, ресурсов, продуктов);
- выходы процесса: перечень выходов (результатов, услуг, продуктов);
- требования к входам, выходам: перечень требований, указаний, согласно которым определяются входы и выходы;
- поставщики процесса: руководители или владельцы тех процессов, выходы которых являются входами в настоящий процесс, внешние поставщики;
- потребители процессов: руководители или владельцы тех процессов, входами которых являются выходы настоящего процесса, внешние потребители;
- вид используемых ресурсов: информация, материалы, финансы, персонал, оборудование, необходимые для выполнения процесса;
- контролируемые параметры процесса: показатели функционирования процесса, параметры, характеризующие его результат;
- методы контроля: инструменты, с помощью которых определяются параметры процесса (мониторинг, регистрация, оценивание и пр.);
- показатели результативности: показатели, характеризующие степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов (ГОСТ Р ИСО 9000);
- показатели эффективности: показатели, характеризующие связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами (ГОСТ Р ИСО 9000).

Для реализации данного регламента и построения СППУР в водоснабжающих организациях и комплексах был использован программный комплекс «Инфоаналитик», реализующий идеи регуляризирующего байесовского подхода [2, 3].

«Инфоаналитик» представляет собой программную среду, обеспечивающую решение задач мониторинга, аудита, моделирования и управления сложным объектом в условиях неопределенности. Комплекс предназначен для решения задач управления рисками, ситуациями, сценариями развития событий. В программном комплексе «Инфоаналитик» обеспечивается непрерывная метрологическая поддержка в виде комплексов метрологических характеристик, включающих показатели точности, надежности и достоверности решений.

В качестве базовых, в силу их интегрирующих свойств, выбраны методологии *регуляризирующего байесовского подхода* (РБП) и *байесовских интеллектуальных измерений* (БИИ). Это позволяет производить сопряжение информационных потоков данных и знаний в условиях значительной неопределенности разноаспектной, распределенной, неточной, неполной, нечеткой информации. РБП является модификацией классического байесовского подхода:

$$p(h_k | e_1, e_2, \dots, e_n) = \frac{p(e_1, e_2, \dots, e_n | h_k) p(h_k)}{\sum_{i=1}^m p(e_1, e_2, \dots, e_n | h_i) p(h_i)}$$

где h – событие, заключающееся в том, что данная гипотеза верна; e – свидетельство в пользу данной гипотезы для получения устойчивых *регуляризированных байесовских оценок* (РБО) в условиях значительной неопределенности как априорной, так и поступающей в текущий момент времени информации. Методология БИИ позволяет реализовать свертку как в параметрических, так и в функциональных пространствах решений. Это обуславливает возможность глубокого проникновения методологий в методическую базу комплексного проекта, их взаимосвязанность и на этой основе синергетический эффект значительно повышения качества получаемых решений. Для обеспечения непрерывного познания свойств объекта в условиях значительной неопределенности информации о нем в методологии БИИ используется *модель с динамическими ограничениями* (МДО), которые способны сниматься при накоплении данных и знаний, что обеспечивает развитие модели в процессе ее использования.

Концептуальная модель получения решения на основе байесовских информационных технологий может быть записана в следующем виде:

$$q = q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 * q_8 * q_9 * q_{10} * q_{11},$$

где q – комплексное решение задачи; q_1 – определение целей, ограничений, требований для решения поставленной задачи; q_2 – создание концептуальной модели объекта с МДО; q_3 – выбор системы сбалансированных показателей; q_4 – определение измеряемых показателей; q_5 – построение шкал с динамическими ограничениями (ШДО); q_6 – инвентаризация исходной информации; q_7 – определение динамики и динамических моделей, трендов и тенденций развития ситуаций и бизнес-процессов на объекте и в среде его функционирования; q_8 – оценка рисков бизнес-процес-

са; q_9 – интерпретация сложившейся ситуации; q_{10} – генерация рекомендаций для улучшения бизнес-процессов; q_{11} – проверка эффективности.

Для создания модели работы водоснабжающего предприятия на основе процессного подхода к управлению и с учетом ориентации на потребности клиентов необходим следующий порядок действий.

- Определение основного процесса деятельности предприятия (процесса 1-го уровня), выделение процессов, детализирующих процесс 1-го уровня (процессы 2-го и 3-го уровней). Процессный подход применим к деятельности любого уровня. Внутри каждого процесса верхнего уровня может существовать цепочка взаимосвязанных работ, которые также должны быть построены по процессному принципу.

- Идентификация процессов (определение назначения или главной цели процесса, определение и описание входов, выходов процесса, его владельца, используемых ресурсов, взаимодействие процессов, используемая документация и т.д.).

- Определение параметров оценки процессов предприятия. За эффективность каждого из процессов несет ответственность его владелец. Для этого результаты хода процесса должны анализироваться по определенным критериям – показателям деятельности.

- Сбор данных о ходе процессов. С точки зрения процессного подхода информация о ходе процессов – ресурс. Его потребителями являются руководитель предприятия и взаимодействующие процессы и подразделения. Поэтому информация о процессах должна обеспечивать полноту параметров показателей.

Программный комплекс «Инфоаналитик» позволяет формировать иерархию процессов в виде дерева факторов, определяя тем самым реализацию основной задачи запроса. Иерархический принцип построения дерева факторов предполагает задание и контроль измеримых параметров деятельности водоснабжающего предприятия: планово-предупредительный ремонт, надзор за состоянием и содержанием сети, текущий ремонт и профилактическое обслуживание, капитальный ремонт трубопроводов и оборудования сети, реконструкция трубопроводов и т.д.

Дерево факторов представляет собой компонент для просмотра иерархии факторов и работы с ними. В дереве представлены интегральные и конечные факторы. Интегральные или корневые факторы обозначены в дереве факторов закрытыми папками и содержат факторы более низкого уровня. Конечные факторы содержат в себе данные и знания и обозначены листами с загнутым правым углом. Используя дерево факторов, можно оценить влияние нижележащих факторов на корневой. Анализ модели деятельности предприятия на основе дерева факторов позволяет следующее:

- достоверно оценивать состояние конкретных факторов, влияющих на деятельность пред-

принятия (в определенный период времени, в динамическом развитии, с интерпретацией тенденции);

- достоверно оценивать состояние деятельности предприятия в целом и состояние некоторых основных процессов (поскольку ЛПР не может эффективно воспринимать информацию более чем по 7–9 параметрам);

- работать с информацией о состоянии факторов, представленной в числовой, лингвистической и других формах;

- работать с неполной, неточной, недостоверной информацией, что особенно важно в динамичных условиях деятельности железнодорожного предприятия;

- получать новые знания в виде рекомендаций, выводов, альтернатив, сценариев развития событий, когнитивных образов, оценок степени влияния факторов;

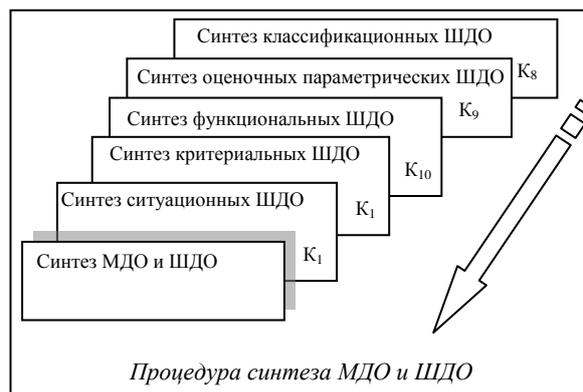
- получать оценку рисков принятия ошибочных решений.

После сбора и обработки информация о показателях деятельности предприятия заносилась в БД информационно-аналитической системы «Инфоаналитик» в виде данных о состоянии факторов иерархического дерева факторов. Особенность системы состоит в том, что она может работать с неточными, нечеткими, недостоверными данными (которые присущи быстроменяющимся условиям деятельности водоснабжающего предприятия) и преобразовывать эту информацию в виде регуляризованных байесовских оценок.

Для описания состояния каждого фактора могут использоваться различные типы данных: значения измерений, экспертные оценки состояния фактора, шкальные данные (данные, отображающие различные состояния фактора), текстовая информация.

Используются текущие, априорные и апостериорные типы шкал. В шкале БИИ с каждым элементом носителя шкалы h_k связывается сложная структура, включающая в себя условную плотность вероятности $f(x|h_k)$ получения измерения или оценки x в случае верности гипотезы h_k и вероятность данной гипотезы. Интерпретация данной вероятности как априорной или апостериорной зависит от этапа, на котором она рассматривается. Причем при раздельном рассмотрении часть шкалы, содержащая функцию $f(x|h_k)$, называется текущей шкалой, а содержащая вероятности гипотезы – априорно-апостериорной шкалой.

Для отображения динамики изменения фактора в системе используется компонент работы с динамическими моделями и метрологическими характеристиками. Процедура синтеза МДО и ШДО (см. рис.) предназначена для создания системы шкал, адекватно отражающих показатели, определяющие состояние объекта и среды на временной шкале.



Понятия МДО и ШДО байесовских интеллектуальных измерений являются ключевыми для системы «Инфоаналитик». Реализация измерительного подхода описывается в виде обобщенной формулы $\{h_{kt} | p_{kt}\} = (\text{argmin} C[\varphi_{jt}(x_{it} | y_{it})])$, где h_{kt} – список результатов или решений из множества решений H_{kt} , представляющего собой носитель соответствующей шкалы, апостериорная достоверность каждого из которых определяется значением вероятности p_{kt} ; C – решающее правило, оптимизирующее выбор решения h_{kt} по алгоритму φ_{jt} из множества алгоритмов Φ_{jt} , при наборе данных x_{it} из множества X_{it} , при данных условиях реализации измерения y_{it} , состоящих из метрологических требований M_t , априорной информации A_t и ограничений и допущений O_t , имеющих место при формировании x_{it} для момента времени t .

Применение ШДО позволяет снимать ограничения моделей сложных объектов по мере получения новых знаний в процессе измерений, что обеспечивает возможность саморазвития моделей, алгоритмов, технологий и средств мониторинга.

Информационно-аналитическая система содержит подсистему построения шкал тенденций и прогнозных шкал и функционал для построения тенденций и прогнозов. Шкала тенденций имеет лингвистическое содержание. Например, фактор может иметь следующие описания: значительно убывает, убывает, стабильно, возрастает.

В процессе реализации предложенного подхода была проведена проверка адекватности модели реальным условиям деятельности предприятия «Мосводоканал». На основании свертки разнотипной информации получены интегральные оценки эффективности водоснабжающих комплексов отдельных районов г. Москвы и деятельности предприятия «Мосводоканал». Полученные практические результаты легли в основу рекомендаций по улучшению деятельности водоснабжающих комплексов для районов Северо-Западного, Западного и Юго-Западного округов города Москвы.

Литература

1. Орлов С.П., Мережко А.Г., Чуваков А.В. Системный анализ и информационные технологии при проектировании и

строительстве территориальных комплексов водоснабжения // Изв. СНЦ РАН. 2009. Т. 11 (27). № 5 (2). С. 316–319.

2. Недосекин Д.Д., Прокопчина С.В., Чернявский Е.А. Информационные технологии интеллектуализации измерительных процессов. СПб: Энергоатомиздат, 1995.

3. Лукьянец А.А., Прокопчина С.В. Методология поддержки решений в управлении энергоснабжающими организациями на основе регуляризирующего байесовского подхода: науч.-практич. пособие. Томск, 2006. 196 с.

References

1. Orlov S.P., Merezhko A.G., Chuvakov A.V. System analysis and information technologies in designing and building region-

al water supplying complexes. *Izv. SNTs RAN* [News of the Samara scientific center of RAS]. 2009, vol. 11 (27), no. 5 (2), pp. 316–319 (in Russ.).

2. Nedosekin D.D., Prokopchina S.V., Chernyavskiy E.A. *Informatsionnye tekhnologii intellektualizatsii izmeritelnykh protsessov* [Information technologies for intellectualization of measurement processes]. St. Peterburg, Energoatomizdat Publ., 1995.

3. Lukyanets A.A., Prokopchina S.V. *Metodologiya podderzhki resheniy v upravlenii energosnabzhayushchimi organizatsiyami na osnove regulyariziruyushchego bayesovskogo podkhoda* [Methodology of decision support in managing energy-supplying organization based on regularizing Bayesian approach]. Research and practice manual, Tomsk, 2006, 196 p.