

ОЦЕНКА СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТКРЫТОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ¹

А.Н. Данилов, С.А. Федосеев (Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

Рассматривается задача комплексного оценивания существующих информационных систем управления предприятием с точки зрения условий их внедрения и эксплуатации. В качестве комплексного показателя качества предлагается использовать степень синергетической открытости информационных систем, характеризующую способность систем реагировать на внешние запросы потребителей путем механизмов и инструментов самоорганизации, заложенных в систему. Данный комплексный показатель зависит от частных параметров, характеризующих адаптируемость и интегрируемость системы. С помощью комплексного оценивания проводится сравнение существующих ERP-систем и показывается необходимость учета особенностей промышленного предприятия при выборе автоматизированной системы управления.

Ключевые слова: управление предприятием, информационные системы, синергетическая открытость, комплексное оценивание.

Введение

В связи с резким возрастанием роли отечественных информационных систем управления крупными промышленными предприятиями в рамках реализуемой программы импортозамещения возникает задача комплексного оценивания их основных характеристик и возможностей внедрения на российских предприятиях. Следуя синергетическому подходу [1], будем считать, что конкурентоспособность системы является некоторым функционалом, зависящим от ее параметров порядка. Следует отметить, что каждая система характеризуется своим набором параметров порядка на определенном промежутке времени ее развития (проектирования, разработки, внедрения, сопровождения и т.д.). При этом каждый параметр порядка является некоторой агрегирующей величиной, определяющей желательное состояние системы или новое ее системное свойство, которое выступает в качестве планируемого целевого результата. Таким параметром порядка для информационных систем управления крупным промышленным предприятием может служить синергетическая открытость системы, под которой понимается способность системы быстро реагировать на внешние воздействия (запросы общества, государства и рынка) путем инновационных механизмов организации и самоорганизации, заложенных в систему [2]. Если данный параметр порядка принять за критерий эффективности системы, то аналогично работе [3] можно ввести комплексный показатель в виде степени синергетической открытости информационной системы и предложить способ его оценивания при решении задачи выбора наиболее конкурентоспособной системы управления крупными промышленными предприятиями.

Основные характеристики информационных систем управления промышленным предприятием

По аналогии с определением стандарта IEEE POSIX 1003.0 под открытой информационной систе-

мой управления предприятием (ОИСУП) можно понимать систему, которая реализует функции, сервисы, интерфейсы и форматы данных, достаточные для того, чтобы автоматизировать разнообразные и изменяющиеся бизнес-процессы предприятия и взаимодействовать с другими информационными системами предприятия.

Данное определение содержит два аспекта: адаптируемость и интегрируемость ОИСУП. Рассмотрим эти аспекты более подробно.

1) Под адаптируемостью информационной системы будем понимать способность к изменениям для выполнения нетиповых и изменяющихся требований пользователей [4]. Требования пользователей могут относиться к отдельным функциям и бизнес-процессам.

Внесение в систему изменений может происходить путем модификации (перепрограммирования) самой системы или настройки (без перепрограммирования) системы за счет использования встроенных средств адаптации.

При этом встроенные средства адаптации могут включать: язык программирования (процедурный, объектно-ориентированный); инструменты изменения структуры базы данных (на уровне внутренних объектов данных системы или СУБД).

Следует отметить, что внедрение системы может происходить с/без привлечения разработчика системы (прямое/опосредованное внедрение).

Важными характеристиками системы, также определяющими адаптируемость ОИСУП, являются ее масштабируемость и кроссплатформенность. Под масштабируемостью системы здесь понимается ее способность повышать свою производительность с увеличением рабочей нагрузки, а под кроссплатформенностью — способность работать более чем на одной аппаратной платформе и/или операционной системе.

Отметим, что адаптируемость ОИСУП не противоречит функциональной полноте системы, то есть

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0068 от 23.05.2013г. в составе мероприятия по реализации постановления Правительства РФ № 218).

наличие в системе максимального количества предустановленных решений (конфигураций).

2) Интегрируемость (интероперабельность) — это способность системы с открытыми интерфейсами взаимодействовать и функционировать совместно с другими системами.

Возможны следующие уровни интеграции систем [5]:

— на уровне данных, которая используется в тех случаях, когда необходимо только реплицировать информацию между двумя или больше системами. Информация распространяется между репликами с помощью специализированных репликационных инструментов (чаще всего встроенных в СУБД). Именно такая интеграция в основном имеется в виду, когда говорится о традиционных технологиях Enterprise Application Integration (EAI);

— на уровне сервисов. Требуется для тех задач, которые должны совместно использовать как общие данные, так и общие функции. Самым популярным способом сервисно-ориентированной интеграции еще недавно были уже ставшие традиционными распределенные объектные стандарты типа CORBA и COM. Продукты, созданные на основе этих технологий, также традиционно относятся к EAI-приложениям. Но сегодня большинство организаций выбирает Web-сервисы;

— интеграция на уровне процессов. Взаимодействие между приложениями реализовано в рамках бизнес-процесса, на отдельных шагах которого осуществляется вызов того или иного сервиса. Реализуется данный подход с помощью сервисной шины предприятия (ESB), которая занимается виртуализацией сервисов, предоставляемых приложениями, и решений класса Business Process Management System (BPMS), как правило, основанных на языках BPEL или BPMN, которые реализуют логику процесса.

Оценка синергетической открытости информационных систем управления промышленным предприятием

Введенные определения и классификация позволяют измерить синергетическую открытость ОИСУП различными способами квалиметрии. При решении задач комплексного оценивания качества продукции и технологических процессов ее производства перспективность использования показали теоретический и математический аппараты квалиметрии в детерминированной постановке [6].

В терминах математического аппарата квалиметрии на основе логики оценок были введены понятия доминирующих d_i и компенсируемых K_j единичных показателей качества [7]. Разработана методика свертки данных показателей, на основе которой предложена детерминированная квалиметрическая модель для определения комплексного показателя качества:

$$K_o = \left| \left(\prod_{i=1}^n d_i^{\alpha_i} \right)^{1/\sum_{i=1}^n \alpha_i} \left(\frac{\sum_{j=1}^m \beta_j K_j}{\sum_{j=1}^m \beta_j} \right) \right|, \quad (1)$$

где K_o — комплексный показатель качества; α_i, β_j — параметры весомости единичных показателей; d_i, K_j — значения единичных показателей качества; n, m — число доминирующих и компенсируемых показателей качества.

В выражении (1) уровень показателей качества определяется экспертным методом. Параметры весомости (α_i, β_j) определяют экспертным методом, методом эквивалентных соотношений или стоимостным методом [7].

К доминирующим показателям качества ОИСУП может быть отнесен уровень ее интегрируемости. К компенсируемым показателям качества ОИСУП может быть отнесен уровень ее адаптируемости.

По аналогии с подходом, предложенным в работе [3], может быть введен параметр σ , характеризующий степень синергетической открытости ОИСУП, который в свою очередь определяется через параметры интегрируемости $\lambda_i, i = 1, 3$ и адаптируемости $\mu_j, j = 1, 4$ ОИСУП. При этом перечисленные параметры могут быть определены следующим образом:

λ_1 — степень интегрируемости на уровне данных. Данный параметр может быть определен экспертно в интервале $[0, 1]$, причем $\lambda_1 = 0$, если ОИСУП не обладает возможностью интеграции на уровне данных с какими-либо системами, и $\lambda_1 = 1$, если ОИСУП обладает возможностью интеграции на уровне данных с любыми системами. Также данный параметр может быть определен отношением I_1/L_1 , где I_1 — число систем, с которыми может интегрироваться ОИСУП на уровне данных, L_1 — число систем, используемых на данном предприятии с которыми должна интегрироваться ОИСУП на уровне данных;

λ_2 — степень интегрируемости на уровне сервисов, которая может быть определена по аналогии с параметром λ_1 ;

λ_3 — степень интегрируемости на уровне процессов. Также может быть определена по аналогии с параметром λ_1 ;

μ_1 — степень модифицируемости. Данный параметр может быть определен экспертно в интервале $[0, 1]$, причем $\mu_1 = 0$, если ОИСУП не обладает возможностью модификации, и $\mu_1 = 1$, если ОИСУП обладает возможностью модификации любых ее элементов. Отметим, что модификация ОИСУП должна происходить за счет встроенных средств настройки (адаптации) системы, а не за счет изменения ее исходного кода. Также данный параметр может быть определен отношением m_1/M_1 , где m_1 — число компонентов ОИСУП, которые могут быть модифицированы, M_1 — число компонентов ОИСУП, которые необходимо модифицировать на данном предприятии;

μ_2 — степень опосредованности внедрения. Данный параметр может быть определен экспертно в интервале $[0, 1]$, причем $\mu_2 = 0$, если ОИСУП может быть внедрена только ее разработчиком, и $\mu_2 = 1$, если ОИСУП может быть внедрена любым поставщиком аналогичных услуг (внешним или внутренним для

предприятия). Также данный параметр может быть определен отношением m_2/M_2 , где m_2 — число возможных поставщиков услуг по внедрению ОИСУП, M_2 — число требуемых поставщиков услуг по внедрению ОИСУП на данном предприятии. Отметим, что без нарушения практической целесообразности можно принять, что $m_2 \leq M_2$;

μ_3 — степень масштабируемости. Данный параметр может быть определен экспертно в интервале $[0,1]$, причем $\mu_3=0$, если ОИСУП не масштабируема, и $\mu_3=1$, если ОИСУП неограниченно масштабируема. Также данный параметр может быть определен отношением m_3/M_3 , где m_3 — возможный уровень нагрузки ОИСУП, M_3 — требуемый уровень нагрузки ОИСУП на данном предприятии. Отметим, что без нарушения практической целесообразности можно принять, что $m_3 \leq M_3$;

μ_4 — степень кроссплатформенности. Данный параметр может быть определен экспертно в интервале $[0,1]$, причем $\mu_4=0$, если ОИСУП работает только на одной программно-аппаратной платформе, и $\mu_4=1$, если ОИСУП способно работать на любых программно-аппаратных платформах. Также данный параметр может быть определен отношением m_4/M_4 , где m_4 — число возможных программно-аппаратных платформ, на которых может работать ОИСУП, M_4 — число требуемых на данном предприятии программно-аппаратных платформ, на которых может работать ОИСУП. Отметим, что без нарушения практической целесообразности можно принять, что $m_4 \leq M_4$.

Используя формулу (1) для комплексного оценивания качества информационной системы, степень синергетической открытости ОИСУП может быть определена следующим образом:

$$\sigma = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4) / 4. \quad (2)$$

Очевидно, что степень синергетической открытости информационной системы $\sigma = 0$, если хотя бы один из параметров интегрируемости равен нулю. В противном случае этот параметр порядка будет изменяться от нуля до единицы.

Если все параметры информационной системы равны 1, то комплексный показатель также будет равен 1, что говорит о полной синергетической открытости системы по отношению к конкретному промышленному предприятию. Однако, очевидно, что чем выше степень синергетической открытости системы, тем выше ее стоимость разработки. Поэтому перед каждым предприятием стоит сложная задача выбора наиболее эффективной информационной системы автоматизированного управления.

Пример оценивания синергетической открытости информационных систем управления промышленным предприятием

В работе [8] приведен обзор существующих зарубежных и отечественных информационных систем управления производством (ERP-систем). Из обзора следует, что отечественные ERP-системы значительно проигрывают зарубежным аналогам по числу автоматизируемых бизнес-процессов, но выигрывают по стоимости и адаптируемости под требования предприятия. Однако проведенный анализ не позволяет более точно оценить эффективность той или иной системы для конкретного промышленного предприятия.

Рассмотрим пример такой оценки, выполненной экспертами с помощью предложенного комплексного показателя (2) (таблица). Для сравнения выбраны три известные ERP-системы. В статье обозначим их как ERP1 (зарубежная) и ERP2, ERP3 (отечественные).

По мнению экспертов, активно занимающихся внедрением ERP-систем на отечественных предприятиях, основным недостатком ERP1 является ее недостаточная степень интегрируемости с другими информационными системами на уровне данных, что значительно затрудняет процесс внедрения. Этот же недостаток присущ системе ERP2. Явным недостатком отечественных ERP-систем является низкая степень интегрируемости с другими системами на уровне бизнес-процессов. Кроме этого, отечественные системы уступают ERP1 по степени масштабируемости, но, по мнению экспертов, немного выигрывают по степени модифицируемости (таблица).

На основании данных, приведенных в таблице, можно сделать вывод о том, что для крупных промышленных предприятий, требующих наибольшей открытости ERP-систем из-за масштаба и сложности протекающих в них бизнес-процессов, наиболее эффективным выбором могут быть ERP-системы, обладающие наибольшим значением показателя синергетической открытости. При этом необходимо учитывать особенности промышленного предприятия и уровень информатизации его бизнес-процессов. Это позволит более точно получить комплексную оценку и осуществить правильный выбор наиболее эффективной информационной системы управления для данного предприятия.

Заключение

Предложен комплексный показатель эффективности информационных систем управления производством (ERP-систем), в качестве которого выступает

Таблица

Система	λ_1	λ_2	λ_3	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	σ
ERP1	0,5	1	1	0,8	1	1	1	0,475
ERP2	0,5	1	0,5	1	1	0,3	1	0,206
ERP3	1	1	0,5	1	1	0,9	1	0,488

степень синергетической открытости системы. Данный показатель учитывает степень интегрируемости и адаптируемости системы с учетом требований промышленного предприятия. Показано, что применение данного показателя позволяет объективно произвести выбор ERP-системы, отвечающей наибольшему числу функциональных требований со стороны потребителя.

Список литературы

1. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. М.: КомКнига, 2005. 248с.
2. *Данилов А.Н., Столбов В.Ю.* Об одном подходе к управлению синергетической открытостью организационно-технических систем // Мехатроника. Управление. Автоматизация. 2015. №6.
3. *Шаповалов В.И.* Основы теории упорядочения и самоорганизации. М.: «Испо-Сервис». 2005. 296с.
4. *Бородин В.А., Шишкин Г.Б., Клоев А.В.* Внедрение АСУ на российских предприятиях: проблемы и перспективы // Автоматизация в промышленности. 2007. № 11. С. 8-13.
5. *Хоп Г., Вульф Б.* Шаблоны интеграции корпоративных приложений. М.: Вильямс, 2007. 312 с.
6. *Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П.* О квалитетрии. М.: Изд. стандартов, 1972. 172 с.
7. *Гун Г.С.* Метод комплексной оценки качества металлопродукции // Известия вузов. Черная металлургия. 1982. № 8. С. 62-66.
8. *Федосеев С.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Возжаков А.В.* Управление качеством продукции на современных промышленных предприятиях: монография. Пермь: Изд. Перм. нац. исслед. ун-та. 2011. 229с.

Федосеев Сергей Анатольевич — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры "Математическое моделирование систем и процессов", **Данилов Александр Николаевич** — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры "Автоматика и телемеханика" Пермского национального исследовательского политехнического университета.
Контактный телефон (912) 482-65-60.
E-mail: dan@pstu.ru

Honeywell автоматизирует первый в Финляндии терминал импорта сжиженного природного газа

Корпорация Honeywell объявила о поставке АСУТП Experion Process Knowledge System (PKS) и систем измерения уровня в резервуарах для нужд первого в Финляндии терминала импорта сжиженного природного газа (СПГ). Этот терминал должен обеспечить надежные поставки природного газа на морские суда и промышленные объекты Финляндии и помочь заменить другие виды топлива, отличающиеся более высоким уровнем вредных выбросов.

Благодаря более чистому процессу сжигания природного газа будут соблюдаться требования, установленные в отношении выбросов в регионе Балтийского моря и Скандинавии. Технологии Honeywell в настоящее время используются на 40 подобных терминалах импорта и экспорта СПГ по всему миру.

Кроме того, система Honeywell Enterprise Buildings Integrator (EBI) отвечает за связь систем обеспечения комфорта, систем охраны и безопасности в самом терминале и создаст все необходимые условия для высокопроизводительной работы персонала. Благодаря тесной интеграции Experion PKS и EBI операторы получат единый интерфейс для доступа и управления всеми процессами и технологиями на терминале, что позволит улучшить контроль над ситуацией и повысить эффективность работы.

Это будет третий терминал СПГ компании Skangas, одного из крупнейших в Северной Европе поставщиков СПГ малыми партиями. Компания эксплуатирует аналогичные объекты Швеции и Норвегии, поставляя природный газ для судов, промышленных объектов и наземного транспорта. Терминал СПГ в Пори, строительство которого завершится во второй половине 2016 г., рассчитан на 30 тыс. м³ газа. Резервуары для систем измерения уровня Honeywell поставит испанская машиностроительная компания FCC Industrial E. Infraestructuras Energeticas S.A. U.

Технологии Honeywell, которые будут применяться на терминале

— АСУТП *Experion Process Knowledge System (PKS)* — "сердце" интегрированной системы управления и безопасности (ИСУБ). Experion отличается более широкими возможностями, чем традиционные РСУ, обеспечивая персоналу унифицированный доступ к параметрам ТП, производственной информации, а также к информации систем управления активами предприятия за счет интеграции АСУТП, систем безопасности и другого ПО для автоматизации.

— *Enterprise Buildings Integrator (EBI)* — система управления зданиями для централизованного доступа к информации и ресурсам, необходимым для отслеживания, контроля и защиты объекта. В системе EBI нового терминала Skangas Oy объединены оборудование пожарной сигнализации, обнаружения вторжений, контроля доступа, видеонаблюдения, отопления и охлаждения; все собираемые данные передаются в АСУТП Experion PKS.

— *Terminal Manager* служит для автоматизации всех операций на терминалах наливных грузов, в том числе основных функций управления и мониторинга получения и отгрузки продукции, а также контроля доступа на территорию.

— *Safety Manager* — система, объединяющая данные о безопасности процессов, приложения, средства диагностики и ключевые стратегии управления и обеспечивающая выполнение заданных алгоритмов безопасности на основе архитектуры с полным резервированием.

— *SmartRadar FlexLine* — высокоточные радарные измерители уровня Honeywell для оценки содержимого резервуаров, управления запасами резервуарного парка и инфраструктурой самого парка.

— *Portable Enraf Terminal* — портативное устройство для доступа и считывания показаний уровнемеров Honeywell Enraf независимо от погоды и условий эксплуатации.

[Http://www.honeywellprocess.com](http://www.honeywellprocess.com)