

Разработка подсистемы управления перспективной архитектурой предприятия промышленного комплекса

В.В. Мартынов, Е.И. Филосова, О.В. Ширяев

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа

Аннотация: Для повышения эффективности использования информационных технологий в цифровой индустрии была разработана методология построения оптимальной архитектуры предприятия, направленная на обеспечение информационной поддержки производственных систем с использованием современных интегрированных информационных технологий. Архитектура декомпозируется на ряд представлений, в качестве которых выбраны инвариантные аспекты, определенные в результате анализа различных моделей архитектуры предприятия. В качестве практических инструментов предлагается проектирование подсистемы информационной поддержки перспективной архитектуры предприятия цифровой индустрии. В результате формируются ее элементы в области информационных технологий, рассчитывается комплексный показатель эффективности заданной архитектуры предприятия. Применение подсистемы позволит предприятию сформировать условия для эффективного создания и освоения новых видов научно-технической продукции, своевременного вывода на рынок данной продукции, а также приведут к сокращению длительности производственного цикла, повышению эффективности применения находящегося в эксплуатации технологического оборудования.

Ключевые слова: архитектура предприятия, цифровая индустрия, оптимальная архитектура предприятия, подсистема информационной поддержки.

Введение

Прогресс в науке и технике находит свое отражение в формировании технологических укладов, определяемых уровнем автоматизации процессов производства. Сегодня для всех предприятий цифровой индустрии актуальна промышленная концепция «Индустрия 4.0» и крупные предприятия должны принять эту концепцию для рационального управления системами автоматизации производства и интеграции в единое информационное пространство [1]. Необходимая трансформация должна быть также в русле национальных программ, определяющих развитие государства в целом. Национальная технологическая инициатива законодательно поддержана в таких документах как Постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2016 г. № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы» [2], национальная программа «Цифровая экономика

Российской Федерации» [3]. Концепция «Индустрия 4.0» должна найти отражение в соответствующих ИТ-системах и технологиях, используемых на предприятиях и составляющих их архитектуру. Известные подходы и модели архитектуры предприятия (АП) обеспечивают только системный подход с определенной точки зрения к ее созданию, направлены на построение АП в рамках существующей организации управления производством, которая отличается от технологий концепции индустрии 4.0. Используемые сейчас подходы в основном описывают разработку моделей и решений по реализации, но не имеют строгого формального метрического представления. В данной статье описана методология построения перспективной АП, на основе которой осуществляется разработка подсистемы информационной поддержки производственных систем с использованием современных интегрированных информационных технологий (ИТ) как основы цифровой экономики.

Архитектура предприятий цифровой индустрии

При переходе к цифровой индустрии современные инновационно развивающиеся предприятия кардинально меняют технологии проектирования и производства сложных технических изделий. Использование единой технологической цепочки для выпуска продукции предполагает создание цифровизованных предприятий, оснащенных передовыми производственными технологиями, связанными с компьютерной обработкой информации. К таким технологиям относятся автоматизированные системы хранения, поиска и организации обмена технической, проектно-конструкторской, технологической электронной информацией, создание компьютерных интегрированных производств, использование технологий искусственного интеллекта и другие [4]. Все это приводит к существенному росту используемых ИТ, и, соответственно, увеличению ИТ-бюджетов компаний. Информационные системы

предприятия цифровой индустрии представляют собой сложные комплексы программного обеспечения, которые содержат механизмы, способные поддержать управление всем предприятием и интеграции всех сфер его функционирования, что повышает требования к его архитектуре. Для эффективности функционирования цифрового производства не только информационные системы, но и все предприятие требует наличия соответствующей рациональной архитектуры. Поэтому проблема формирования АП сейчас становится достаточно актуальной.

Динамика формирования информационной АП связана с изменением бизнес-процессов предприятия и поэтому занимает достаточно длительное время. Но в настоящее время компании должны быть способны быстро трансформироваться, реагируя на изменения внешней среды. Проведение таких интегрированных изменений требует понимания работы компании в целом и всех ее бизнес-процессов, целей, организационной структуры. Построение АП помогает обеспечить целостное понимание устройства предприятия, использование для этого методологий и стандартов позволяет учесть всю необходимую для этого информацию.

Для описания АП чаще всего применяются такие широко распространенные методологии, как Zachman Framework, TOGAF (The Open Group Architecture Framework), DoDAF (Department of Defense Architecture Framework) и другие. Они позволяют достаточно полно описать все составляющие АП (бизнес, информация, приложения, технологии) и связи между ними (интеграции, сервисы). Но применение данных методик не решает такие проблемы, как низкая формализованность методов планирования перехода от текущего состояния АП к целевому, методов разработки общей структуры системы, способов организация взаимосвязи между ее элементами и с внешней средой. Предлагается математическая модель оценки эффективности составления компонентов архитектуры,

которая позволит инженерам и практикам использовать концепции, методы и виды деятельности, уже имеющиеся в областях разработки программного обеспечения, исследования операций, экономики, математики для принятия решений по улучшению состояния представления, проектирования и оценки АП [5].

Математически АП определена как 8 множеств [6]: $АП = \{R, B, S, D, A, T, C, M\}$, где $R = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_n)$ – это набор системных требований; $B = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_p)$ – набор бизнес-процессов в архитектурном представлении бизнес-процессов; $S = (s_1, s_2, s_3, \dots, s_q)$ – набор бизнес-систем в архитектурном представлении бизнес-систем; $D = (d_1, d_2, d_3, \dots, d_g)$ – это набор элементов данных в архитектурном виде данных; $A = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_k)$ – это набор приложений в архитектурном представлении приложений; $T = (t_1, t_2, t_3, \dots, t_w)$ – это набор технологий в технологическом архитектурном представлении; $C = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_h)$ – набор ограничений ресурсов, метаданных и бизнес-правил; $M = (m_1, m_2, m_3, \dots, m_p)$ – это набор метрик, которые характеризуют архитектуру предприятия.

Набор требований R хранит всю базовую линию функциональных и нефункциональных системных требований. По мере развития архитектуры и функциональности все артефакты в логическом и физическом дизайне, включая бизнес-процессы, бизнес-операции, бизнес-правила и контрольные примеры, должны быть прослежены до этого набора системных требований.

Набор бизнес-процессов B хранит бизнес-процессы предприятия, которые включены в системные требования. Примером этого набора является архитектурное представление бизнес-процессов, и наоборот, знания, собранные командами инженеров и менеджеров во время создания бизнес-архитектурного представления, организованы и сохранены в этом наборе.

В наборе бизнес-систем S хранятся логические бизнес-системы, предоставляющие услуги для реализации бизнес-процессов. Примером этого набора является архитектурное представление бизнес-систем.

В наборе приложений A хранятся приложения, которые обеспечивают услуги, предоставляемые бизнес-системами. Эти приложения включают в себя критически важные службы. Примером этого набора является архитектурное представление приложений.

Набор элементов данных D хранит все элементы данных, которые составляют базу данных в архитектуре. Экземпляром этого набора может служить архитектурный вид данных.

Набор технологий T хранит технологии (например, компьютерные платформы, серверы, базы данных, сетевые подсистемы), а также компоненты, которые реализуют множество инфраструктурных сервисов (например, форматирование данных, управление корпоративной системой и т.д.). Примером этого набора является архитектурный вид технологии.

В наборе ограничений ресурса C хранится информация обо всех ограничениях на финансирование, доступных для построения АП, стандартах, которым должны соответствовать программные и аппаратные компоненты, руководящих указаниях по распределению ресурсов обработки по организационным, географическим, коммерческим и маркетинговым подразделениям организации АП: иерархия бизнес-правил и процедур управления, схема данных и связанные метаданные.

Набор метрик M хранит все метрики, используемые для оценки АП на протяжении его жизненного цикла, включая анкеты, заданные для пользователей АП, шкалы измерений, формулы, используемые для агрегирования ценности и ценности отдельных компонентов АП. За основу для выбора метрик взята методика Захмана (содержание трех верхних рядов в матрице), как наиболее универсальная модель [7]. Предлагается набор

показателей, позволяющих сравнивать различные сочетания таких компонент архитектурных представлений как: бизнес-процессы, бизнес-системы, данные, приложения и инфраструктура [6]. Для построения инфраструктуры, которая может использоваться предприятиями цифровой индустрии для продвижения облачной и мобильной ИТ-стратегии, удобно использовать такие прикладные среды, как TOGAF [8] и FEAF [9].

Информационная поддержка моделирования перспективной архитектуры предприятия

На основе проведённого анализа особенностей предприятий цифровой индустрии, существующих методологий описания АП, построенных алгоритмов и моделей предложена технология построения перспективной архитектуры предприятия с учетом специфики производства и ИТ-стратегией предприятия. Данная технология включает несколько этапов:

1) Определение стратегических целей и построение стратегической карты. С помощью инструмента стратегического менеджмента «сбалансированная система показателей» (BSC – Balanced Scorecard) определяются или корректируются стратегические цели в соответствии с планом перехода предприятия к цифровой экономике. Отличительная особенность данного инструмента заключается в том, что он тесно связан с бизнес-процессами. Для описания стратегии развития предприятия моделируется стратегическая карта;

2) Выстраивание бизнес-процессов и построение архитектурного представления бизнес-процессов. Стоит отметить, что изменение стратегических целей может повлечь за собой корректировку существующих бизнес-процессов. Если принимается решение о создании новых бизнес-процессов, то некоторые протекающие на предприятии бизнес-процессы могут прекратить свое существование;

3) Создание иерархии бизнес-систем. Для того, чтобы адаптировать новую бизнес-организацию и успешно распределить по городам или регионам бизнес-группа, которая занимается созданием бизнес-систем, должна прийти к комплексному пониманию новой организации предприятия. С помощью специального опросника проводится бизнес-интервьюирование клиентов и владельцев предприятия. На основе полученных результатов разрабатываются модель взаимодействия предприятия с клиентами, информационная модель базы данных и другие модели (диаграммы) системы;

4) Выбор компонентов и обоснование окончательного архитектурного дизайна с учетом технических и стоимостных ограничений. На заключительном этапе в зависимости от результатов корректировки бизнес-процессов изменению подвержены и технологии. В свою очередь применение новых технологий ведет к процессу подбора новых приложений, способных преобразовать существующие данные и осуществлять обмен ими. Сложность данного процесса заключается в том, что существуют устаревшие подсистемы, выполняющие непрерывно ключевые функции. Такие подсистемы не могут быть оперативно отключены или заменены новыми компонентами архитектуры. Поэтому решения по выбору компонентов и окончательному архитектурному дизайну принимаются с учетом технических и стоимостных ограничений.

Подсистема информационной поддержки моделирования перспективной АП разрабатывается для следующих категорий пользователей: руководителей (предоставит инструменты для мониторинга внешней среды предприятия, позволит принимать управленческие решения по изменению стратегии развития предприятия), архитекторов (предоставит инструменты для определения бизнес-процессов, которые необходимо модернизировать или оптимизировать, интерфейс для назначения задач бизнес-аналитикам), бизнес-аналитиков (предоставит инструменты для модернизации бизнес-

процессов), менеджеров (предоставит инструменты для определения целей, стратегий и предложений по изменению бизнес-процессов) и исполнителей процессов.

Выбор стратегии развития предприятия осуществляется с помощью модулей (рис. 1), входящих в состав подсистемы информационной поддержки моделирования перспективной АП. На основании информации о предприятии, используемом программном обеспечении, а также технических и стоимостных ограничений осуществляется расчет необходимых суммы и программного обеспечения для моделирования перспективной архитектуры предприятия [10].



Рис. 1. – Архитектура подсистемы информационной поддержки моделирования перспективной архитектуры предприятия

В результате система формирует элементы АП в области информационных технологий, рекомендации по модернизации архитектуры приложений, отчеты о результатах сопоставления различных конфигураций информационных технологий предприятия, а также рассчитывает комплексный показатель эффективности заданной АП.

Заключение

Основной идеей поддержки моделирования перспективной АП цифровой индустрии является создание информационной базы, включающей все необходимые данные для проведения трансформации, использование разработанных методов поддержки принятия решений и технологии построения АП, опирающейся на метрики характеризующих компонентов для эффективного процесса перехода. Применение подсистемы моделирования перспективной АП позволит предприятию эффективно трансформироваться в цифровую индустрию, сформировать условия для эффективного создания и освоения новых видов научно-технической продукции, своевременного вывода на рынок данной продукции, в том числе, с целью обеспечения экспортного потенциала и замещения импорта, а также приведут к сокращению длительности производственного цикла, повышению эффективности применения находящегося в эксплуатации технологического оборудования.

Благодарность за финансовую поддержку работы

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-08-00796.

Литература

1. Евсеев Д.З., Зайцева М.М., Косенко В.В., Котесова А.А., Шульга Т.К. Индустрия 4.0 и автомобильный транспорт // Инженерный вестник Дона. 2018. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4919.
 2. Постановление правительства РФ от 18 апреля 2016 года №317 «О реализации Национальной технологической инициативы». URL: government.ru/docs/22721/.
 3. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: government.ru/rugovclassifier/614/events/.
-



4. Федорова А.В., Набоков А.В., Чухлатый М.С. Обзор цифровой трансформации на основе новых технологий в нефтяной отрасли // Инженерный вестник Дона. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2020/6309.

5. Мартынов В.В., Салимова А.И., Шавалеева Д.Н. Формальные основы процесса построения архитектуры предприятия // Вестник РГРТУ. 2019. №70. С. 52-64.

6. Martynov V.V., Shavaleeva D.N., Zaytseva A.A. Information Technology as the Basis for Transformation into a Digital Society and Industry 5.0 // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). 2019. pp. 539-543.

7. Zachman J.A. A Framework for Information Systems Architecture. IBM Systems Journal. 1999. Vol. 38(2). pp. 454-470.

8. Osadhani Y., Maulana A., Rizkiputra D. Enterprise Architectural Design Based on Cloud Computing using TOGAF // 2019 International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing (ICSECC). Bandung, Indonesia. 2019. pp. 111-115.

9. Pasaribu F.A., Hakiki Sipahutar J., Situmorang B.P., Sfenrianto S., Kaburuan E.R. Designing Enterprise Architecture in Hospitals Group // 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT). Yogyakarta, Indonesia. 2019. pp. 862-867.

10. Gunawan E., Sutedja I. Using Enterprise Architecture with the Open Group Architecture Forum to Design Information Technology Plan Gap Analysis at Bank Pengkreditan Rakyat (BPR) // 2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). Jakarta. 2018. pp. 388-393.

References

1. Evseev D.Z., Zajceva M.M., Kosenko V.V., Kotesova A.A., SHulga T.K. Inzenernyj vestnik Dona. 2018. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4919.
2. Postanovlenie pravitel'stva RF ot 18 aprelya 2016 goda №317 «O realizacii Nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy». [Decree of the Government of the Russian Federation «On the implementation of the National Technology Initiative» of 18 April 2016, Volume 317]. URL: government.ru/docs/22721/.
3. Nacional'naya programma «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii». [National program «Digital Economy of the Russian Federation»]. URL: government.ru/rugovclassifier/614/events/.
4. Fedorova A.V., Nabokov A.V., Chuhlatyj M.S. Inzenernyj vestnik Dona. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2020/6309.
5. Martynov V.V., Salimova A.I., SHavaleeva D.N. Vestnik of RSREU. 2019. №70. pp. 52-64.
6. Martynov V.V., Shavaleeva D.N., Zaytseva A.A. Proceedings of the 2019 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). 2019. pp. 539-543.
7. Zachman J.A. A Framework for Information Systems Architecture. IBM Systems Journal. 1999. Vol. 38(2). pp. 454-470.
8. Osadhani Y., Maulana A., Rizkiputra D. 2019 International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing (ICSECC). Bandung, Indonesia. 2019. pp. 111-115.
9. Pasaribu F.A., Hakiki Sipahutar J., Situmorang B.P., Sfenrianto S., Kaburuan E.R. 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT). Yogyakarta, Indonesia. 2019. pp. 862-867.



10. Gunawan E., Sutedja I. 2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). Jakarta. 2018. pp. 388-393.