

УДК 004.942

***СИНТЕЗ НОТАЦИИ BPMN И МЕТОДА ARCADIA ПРИ РАЗРАБОТКЕ
АРХИТЕКТУР ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Собенникова О.А.

научный руководитель, старший преподаватель, институт искусственного интеллекта кафедры системной инженерии,

РТУ МИРЭА,

Москва, Россия

Карачаев А.З.

студент кафедры системной инженерии,

РТУ МИРЭА,

Москва, Россия

Набока И.М.

студент кафедры системной инженерии,

РТУ МИРЭА,

Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается прикладной подход к совместному использованию нотации BPMN и метода ARCADIA, реализуемого в среде Capella, при разработке архитектур технических систем. Показано, что BPMN и ARCADIA решают разные задачи моделирования: BPMN ориентирована на описание бизнес-процессов и взаимодействия участников деятельности, тогда как ARCADIA применяется для разработки и валидации архитектуры системы. При этом оба подхода допускают моделирование с учётом ролей и точек зрения заинтересованных сторон. На этой основе предложены рекомендации по построению BPMN-моделей, обеспечивающих более простую трассировку к операционным действиям, системным функциям, функциональным цепочкам и архитектурным компонентам Capella. Практическая применимость подхода

показана на примере разработки архитектуры аналитического модуля поддержки принятия решений при подборе персонала.

Ключевые слова: BPMN, ARCADIA, Capella, MBSE, системная инженерия, бизнес-процесс, архитектура системы, трассируемость, функциональная цепочка, заинтересованные стороны.

SYNTHESIS OF BPMN NOTATION AND THE ARCADIA METHOD IN THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL SYSTEM ARCHITECTURES

Sobennikova O.A.

Scientific Supervisor, Senior Lecturer, Institute of Artificial Intelligence, Department of System Engineering,

RTU MIREA,

Moscow, Russia

Karachaev A.Z.

student of the Department of System Engineering,

RTU MIREA,

Moscow, Russia

Naboka I.M.

student of the Department of System Engineering,

RTU MIREA,

Moscow, Russia

Abstract. The article considers an applied approach to the joint use of BPMN notation and the ARCADIA method implemented in the Capella environment for the development of technical system architectures. It is shown that BPMN and ARCADIA solve different modeling tasks: BPMN focuses on describing business processes and interactions between activity participants, while ARCADIA is used to develop and validate system architecture. At the same time, both approaches support

modeling with regard to roles and stakeholder viewpoints. Based on this relationship, the article formulates recommendations for constructing BPMN models that improve traceability to operational activities, system functions, functional chains and Capella architectural components. The practical applicability of the approach is demonstrated using the example of developing the architecture of an analytical decision support module for personnel selection.

Keywords: BPMN, ARCADIA, Capella, MBSE, systems engineering, business process, system architecture, traceability, functional chain, stakeholders.

Введение

Современные технические и организационно-технические системы разрабатываются в условиях высокой сложности предметной области, большого числа участников и постоянного изменения требований. На ранних этапах проекта заказчик и бизнес-пользователи чаще мыслят в терминах процессов: кто выполняет действие, в какой последовательности передаются данные, где возникают задержки и какие решения принимаются человеком. Инженеры и системные архитекторы, напротив, должны перейти от описания деятельности к архитектурным представлениям: операционным возможностям, системным функциям, функциональным цепочкам, компонентам и интерфейсам. Между этими уровнями часто возникает разрыв, из-за которого часть требований теряется или интерпретируется неоднозначно.

Одним из распространённых способов описания деятельности является BPMN (Business Process Model and Notation). Данная нотация применяется для визуализации бизнес-процессов и удобна тем, что позволяет явно показать участников, события, задачи, шлюзы и потоки сообщений [1]. В системной инженерии для разработки архитектур сложных систем широко используется метод ARCADIA, поддерживаемый средой Capella. Capella предоставляет инструментальную среду для моделирования архитектуры на нескольких

уровнях: от операционного анализа до системной и логической архитектуры [3; 4].

Цель статьи состоит в описании практического способа согласования BPMN-моделей с последующим архитектурным моделированием в Capella. Основное внимание уделяется не формальной трансформации моделей, а инженерным правилам построения процессной модели, благодаря которым становится проще выполнить трассировку от бизнес-процесса к операционным действиям, системным функциям и архитектурным компонентам.

BPMN и ARCADIA как разные, но взаимодополняющие средства моделирования

BPMN представляет собой графическую нотацию для описания бизнес-процессов. Её базовые элементы - события, задачи, шлюзы, потоки управления, пулы и дорожки - позволяют представить процесс в форме, понятной как аналитикам и разработчикам, так и представителям бизнеса. Сильной стороной нотации BPMN является визуализация последовательности действий и ответственности участников процесса. За счёт дорожек модель процессов деятельности строится с разбивкой по акторам, что позволяет показывать, какая роль выполняет конкретное действие, т.е. какие действия выполняются системой, а какие остаются на стороне человека.

ARCADIA (Architecture Analysis & Design Integrated Approach) является методом архитектурного анализа и проектирования, ориентированным на разработку сложных систем. В отличие от BPMN, ARCADIA не ограничивается описанием процесса. Метод последовательно ведёт инженера от понимания операционного контекста и потребностей заинтересованных сторон к определению системных функций, функциональных обменов, логической и физической архитектуры. В среде Capella эти представления поддерживаются специализированными диаграммами: диаграммой операционных возможностей ОСВ (Operational Capabilities Diagram), диаграммой взаимодействия операционных активностей ОАИВ (Operational Activity Interaction Blank),

диаграммой операционной архитектуры OAB (Operational Architecture Blank), диаграмма функциональных блоков системы SDFB (System Design Functional Block Diagram), диаграмма статического представления архитектуры системы SAB (System Architecture Blank) и другими. [3].

Таким образом, BPMN и ARCADIA решают разные задачи. BPMN отвечает на вопросы: кто участвует в процессе, какие действия выполняются, в какой последовательности происходит взаимодействие и где возникают проблемные участки. ARCADIA отвечает на вопросы: какие возможности должна обеспечить система, какие функции требуются для реализации этих возможностей, как функции распределяются между системой и внешними акторами, какие компоненты должны быть выделены в архитектуре.

Именно различие этих задач делает совместное использование подходов полезным. BPMN может выступать входным слоем для фиксации текущей или целевой деятельности, а ARCADIA - средством последующего перехода к инженерной архитектуре. Такое сочетание особенно эффективно в проектах, где система создаётся не как изолированный программный продукт, а как часть деятельности организации, включающей людей, регламенты, внешние информационные системы и технические ограничения.

Сравнение BPMN с IDEF0 в контексте перехода к архитектуре

Для описания бизнес-процессов также широко применялась нотация IDEF0. Она полезна при функциональной декомпозиции деятельности и показывает функцию через входы, выходы, управления и механизмы [5]. Такая форма удобна для анализа состава работ и ресурсов, однако при переходе к архитектурному моделированию в Capella у IDEF0 проявляется существенное ограничение: привязка действий к ролям и участникам процесса не является такой же естественной и наглядной, как в BPMN.

В IDEF0 можно отразить механизмы выполнения функций, но последовательность взаимодействия, смена ответственности между участниками, события и развилки процесса выражаются менее явно. В

результате аналитик вынужден дополнительно восстанавливать, какая роль является инициатором действия, какая роль получает результат и где в процессе появляется целевая система. Для архитектурного моделирования это критично, поскольку операционный анализ ARCADIA начинается именно с понимания субъектов, операционных объектов, действий и обменов между ними.

BPMN в этом отношении ближе к задачам подготовки модели для Capella. Если процесс построен через пулы и дорожки, то каждая дорожка может быть использована как кандидат на операционного субъекта или системного актора, а задачи внутри дорожек - как исходный материал для выделения операционных действий. Сервисные задачи, автоматизированные операции и действия внутри дорожки целевой системы могут быть далее преобразованы в системные функции. Это не означает автоматическую трансляцию BPMN в ARCADIA, однако создаёт понятную основу для ручной инженерной трассировки.

Таблица 1 - Сравнение BPMN и IDEF0 с точки зрения подготовки к архитектурному моделированию

Критерий	BPMN	IDEF0
Привязка действий к ролям	Реализуется естественно через пулы и дорожки	Требует дополнительной интерпретации механизмов и участников
Отображение последовательности	Последовательность и развилки процесса выражены явно	Основной акцент сделан на функциональной декомпозиции
Отображение событий	Поддерживаются стартовые, промежуточные и конечные события	Событийность выражается косвенно
Подготовка к Capella	Удобна для выделения акторов, операционных действий и системных функций	Полезна для анализа функций, но слабее поддерживает переход по ролям

Рекомендации по построению BPMN-моделей для последующей трассировки в Capella

Практический опыт показывает, что качество последующей архитектурной модели в Capella зависит от того, насколько дисциплинированно была построена исходная BPMN-модель. Если процессная схема создаётся

только для презентации бизнес-процесса, без учёта будущей архитектурной декомпозиции, то при переходе к ARCADIA возникают проблемы: действия оказываются слишком крупными, роли смешиваются, системные и ручные операции не разделены, информационные потоки не названы.

Первая рекомендация состоит в том, что количество дорожек BPMN должно соответствовать количеству значимых ролей в разрабатываемой системе, а также включать отдельную дорожку целевой системы. Если система имеет выраженную модульную структуру, допустимо использовать несколько системных дорожек по количеству ключевых модулей или подсистем. Такой приём позволяет уже на процессном уровне отделить действия человека от действий проектируемой системы и затем корректно перенести их в модель Capella.

Вторая рекомендация - разделять пользовательские, организационные и автоматизированные действия. Например, действие «провести собеседование» относится к деятельности человека, а действие «выполнить интеллектуальный анализ текста» является кандидатом на системную функцию. Смешение таких действий в одной не детализированной задаче приводит к потере трассируемости: становится неясно, что должна делать система, а что остаётся в зоне ответственности пользователя.

Третья рекомендация - именовать потоки данных содержательно. Вместо обобщённых подписей «данные», «документ», «результат» целесообразно использовать конкретные наименования: «данные кандидата», «материалы интервью», «параметры анализа», «аналитическое заключение», «итоговый отчёт». В Capella такие наименования легче преобразуются в функциональные обмены и помогают связать функции между собой.

Четвёртая рекомендация - сохранять устойчивые идентификаторы элементов. Задачи BPMN, операционные действия и системные функции должны иметь логически связанные обозначения. Это упрощает построение матриц трассировки и облегчает проверку полноты модели. Например,

операция процесса, связанная с подготовкой материалов интервью, может далее переходить в операционное действие OA.02 и декомпозироваться в системные функции SF.02-SF.04.

Пятая рекомендация - заранее выделять границу целевой системы. В BPMN-модели полезно показать, какие операции уже сейчас выполняются пользователями вручную, какие могут быть автоматизированы, а какие должны остаться внешними по отношению к системе. В Capella это позволит корректно определить системных акторов, внешние системы и саму целевую систему как объект проектирования.

Таблица 2 - Рекомендуемое соответствие элементов BPMN и моделей Capella

Элемент BPMN	Использование при переходе к Capella	Комментарий
Pool / Lane	Операционный субъект, системный актор или модуль системы	Дорожки должны соответствовать реальным ролям или подсистемам
User Task	Операционное действие пользователя	Не следует автоматически превращать все пользовательские задачи в системные функции
Service Task / System Task	Кандидат на системную функцию	Особенно важно выделять автоматизируемые действия
Message Flow / Data Object	Функциональный обмен или поток данных	Наименование потока должно быть предметным
Gateway	Условие сценария или развилка поведения	Может быть отражено в сценариях, состояниях или функциональной логике
End Event / Result	Результат функциональной цепочки	Помогает определить выходные данные и показатели результативности

Практический пример применения подхода

Описанный подход был применён при разработке архитектуры макета модуля системы поддержки принятия решений при подборе персонала в команду. Рассматриваемая целевая система получила рабочее название «Кадровый аналитик». Её назначение состоит в автоматизации этапа анализа кандидатов на основе текстов интервью, данных вакансии и дополнительных сведений из корпоративной ATS. Система должна помогать HR-менеджеру и

руководителю подразделения получать структурированный аналитический отчет, содержащий оценки компетенций, выявленные противоречия и предварительный вывод по кандидату.

На первом этапе была построена BPMN-модель текущего процесса подбора персонала. В модели отражены основные роли: кандидат, HR-менеджер, руководитель подразделения и кадровая служба. Уже на этой схеме видно, что процесс содержит значительное количество ручных операций: проверку резюме, проведение интервью, заполнение оценочных форм, сбор обратной связи и формирование итоговой рекомендации. Такое представление позволяет не только описать последовательность действий, но и выделить участки, потенциально передаваемые целевой системе.

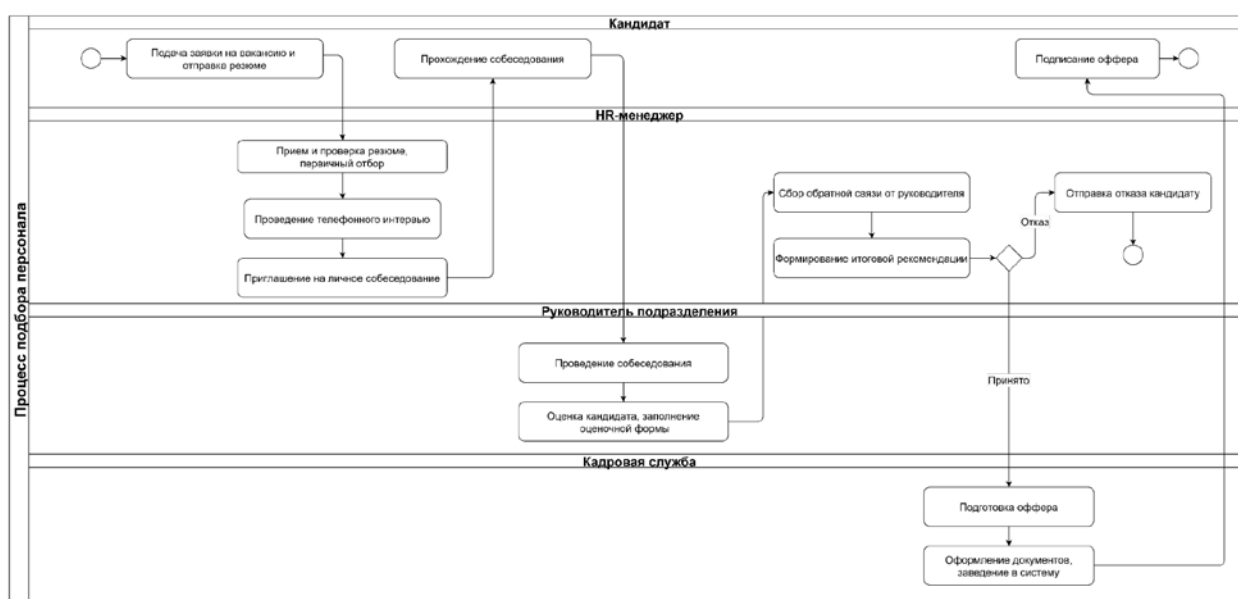


Рис. 1 - BPMN-модель текущего процесса подбора персонала. Источник: авторская разработка.

После анализа процесса были выделены ключевые заинтересованные стороны: HR-менеджер, руководитель подразделения и кандидат. Для них сформулированы проблемы, потребности, цели и метрики. Например, для HR-менеджера ключевой проблемой является высокая трудоёмкость анализа интервью, для руководителя - неоднородность и субъективность отзывов по кандидатам, для кандидата - длительное ожидание решения. Эти проблемы были преобразованы в цели: сократить время анализа одной заявки до 10

минут, обеспечить единую систему оценки и предоставить результат в течение одного рабочего дня.

На уровне операционного анализа ARCADIA были выделены операционные возможности системы: сбор и подготовка данных кандидата, интеллектуальный анализ текста, формирование и предоставление отчёта. Далее процессные действия были преобразованы в операционные действия: получение данных о кандидате, подготовка и загрузка материалов интервью, выполнение интеллектуального анализа текста, формирование аналитического заключения, построение итогового отчёта и предоставление результатов пользователю.

На рис. 2 показана диаграмма архитектуры на уровне операционного анализа. Она демонстрирует распределение операционных действий между HR-менеджером, системой «Кадровый аналитик» и руководителем подразделения. В этом переходе хорошо видна польза исходной BPMN-модели: дорожки процесса помогли сохранить ответственность участников, а автоматизируемые действия были перенесены в область целевой системы.

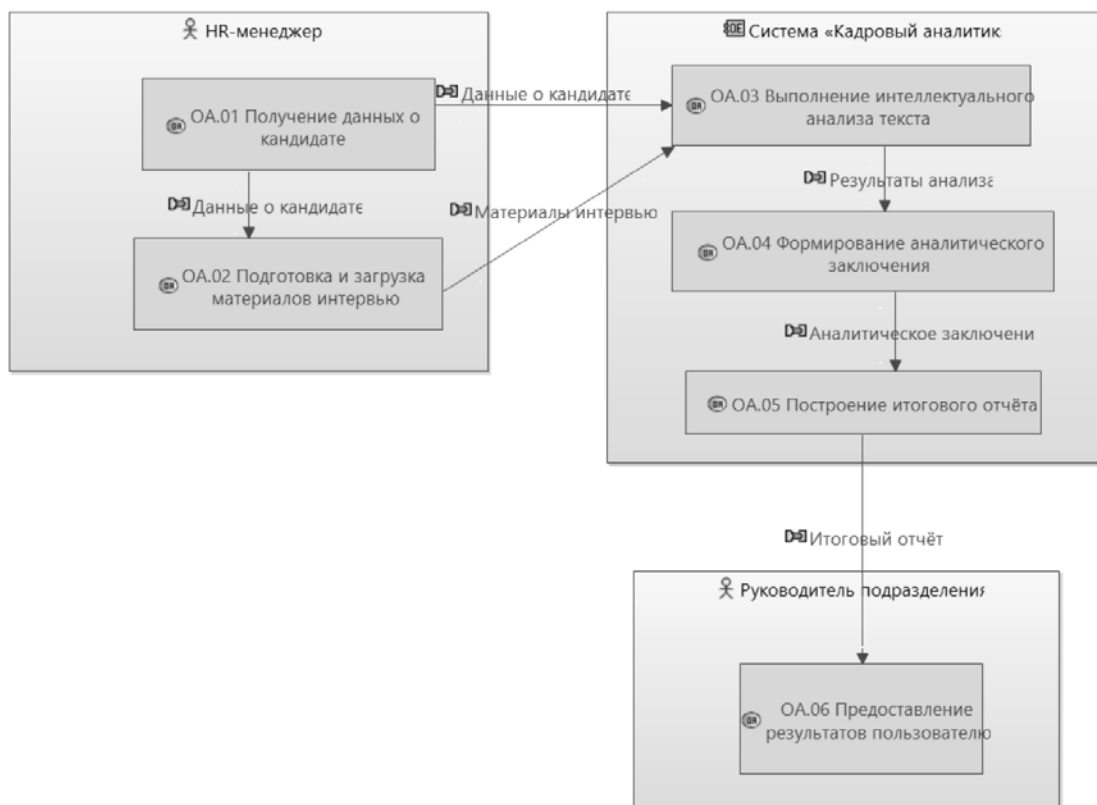


Рис. 2 - Диаграмма архитектуры на уровне операционного анализа с функциональными цепочками. Источник: авторская разработка.

Следующим шагом стал переход от операционных действий к системным функциям. Действие «получение данных о кандидате» было преобразовано в функцию «зарегистрировать данные кандидата». Действие «подготовка и загрузка материалов интервью» было декомпозировано на функции определения сценария анализа, запроса необходимых данных и предоставления данных для анализа. Действие «выполнение интеллектуального анализа текста» было преобразовано в функцию анализа данных кандидата. Действия по формированию заключения и отчёта были представлены функциями формирования аналитического заключения, определения предварительного вывода, формирования итогового отчёта и предоставления результата пользователю.

На рис. 3 показана единая диаграмма потоков данных с функциональными цепочками. В ней выделены две основные цепочки: сбор и подготовка данных кандидата, а также анализ кандидата и формирование

отчёта. Такое разделение важно с инженерной точки зрения: первая цепочка обеспечивает получение и структурирование входной информации, вторая реализует основную ценность системы - аналитическую обработку и подготовку результата для принятия решения.

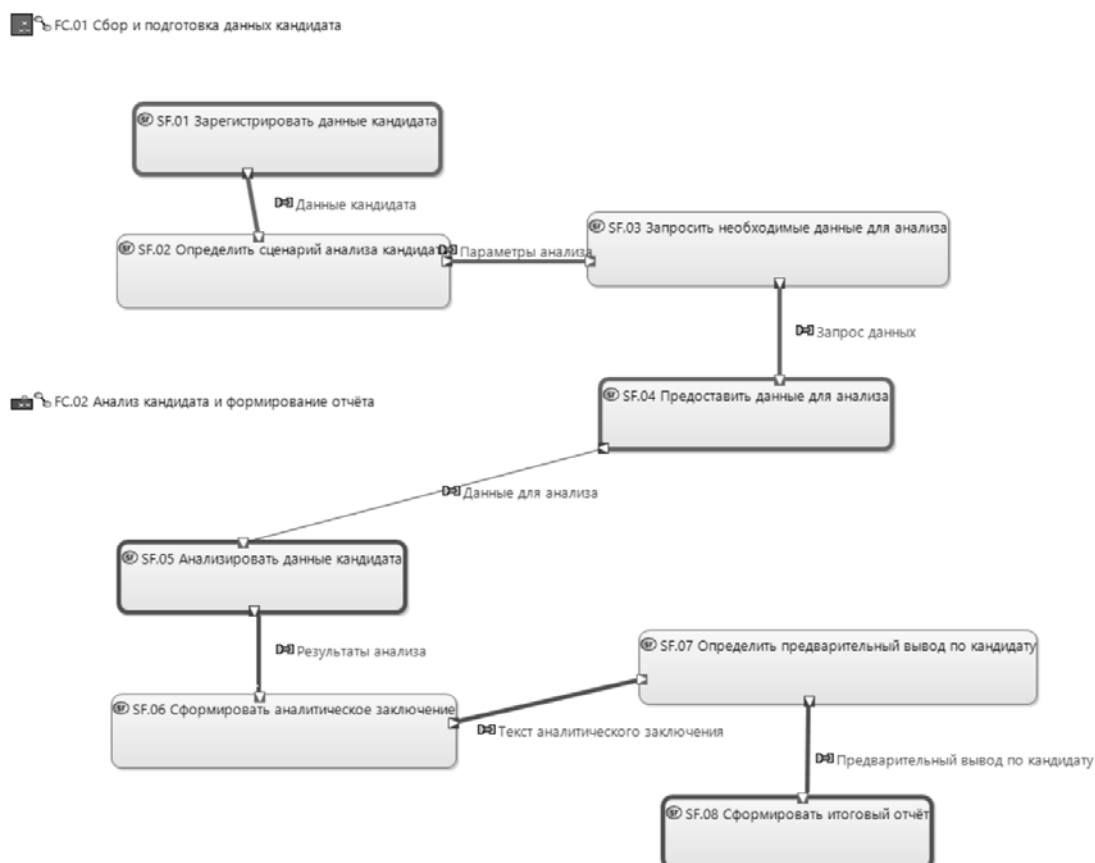


Рис. 3 - Единая диаграмма потоков данных с функциональными цепочками. Источник: авторская разработка.

На уровне анализа назначения системы функции были размещены внутри системных акторов и самой целевой системы. Диаграмма архитектуры на рис. 4 показывает, что часть функций связана с HR-менеджером, часть - с системой «Кадровый аналитик», а итоговое использование результата относится к руководителю подразделения. Таким образом, сохраняется прослеживаемость от исходных ролей процесса до системных функций и архитектурных блоков.

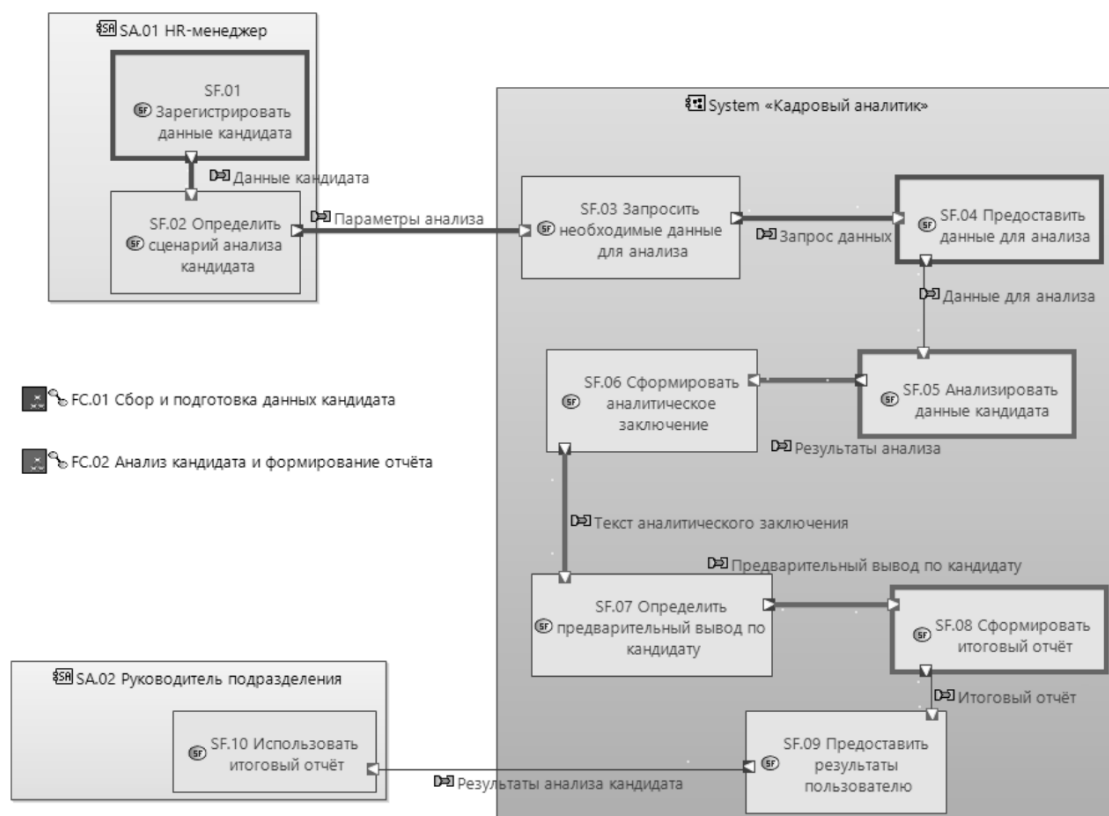


Рис. 4 - Диаграмма архитектуры на уровне анализа назначения системы. Источник: авторская разработка.

Практический пример показывает, что BPMN-модель может использоваться не только как иллюстрация текущего бизнес-процесса, но и как входной материал для архитектурной разработки. При соблюдении описанных рекомендаций аналитик получает непрерывную линию трассировки: роль в BPMN - операционный субъект - операционное действие - системная функция - функциональная цепочка - архитектурный компонент. Это особенно важно для проектов, где требуется обосновать, почему та или иная функция включена в систему и какой проблеме заинтересованной стороны она соответствует.

Обсуждение результатов

Предложенный синтез BPMN и ARCADIA не заменяет ни одну из методологий. BPMN остаётся средством процессного анализа, а ARCADIA - методом архитектурной разработки. Практическая ценность возникает именно за счёт дисциплинированного перехода между ними. Если процессная модель

строится с учётом будущей трассировки, она становится не изолированной схемой, а первым уровнем архитектурного описания.

Главное ограничение подхода состоит в том, что переход от BPMN к Capella не является полностью автоматическим. Необходима инженерная интерпретация: часть действий остаётся на стороне пользователей, часть действий преобразуется в системные функции, часть событий и развилки отражается в сценариях, состояниях или требованиях. Однако это ограничение не является недостатком, поскольку именно на этом этапе системный аналитик уточняет границы системы и проверяет корректность требований.

В прикладных проектах наибольший эффект даёт не сама возможность нарисовать несколько диаграмм, а наличие единой логики именования и трассировки. При отсутствии такой логики BPMN, OAB, SDFB и SAB быстро превращаются в независимые картинки. При её наличии каждая последующая диаграмма становится развитием предыдущей и позволяет проверить полноту архитектурного решения.

Заключение

BPMN и ARCADIA ориентированы на разные задачи моделирования, однако их совместное использование позволяет получить плавный переход от процессного описания деятельности к семейству архитектурных моделей системы. BPMN целесообразно применять на раннем этапе для выявления ролей, последовательности действий, информационных потоков и проблемных участков процесса. ARCADIA и Capella позволяют далее преобразовать это описание в операционные возможности, действия, системные функции, функциональные цепочки и архитектурные компоненты.

Для обеспечения трассируемости критично строить BPMN-модель с учётом задач последующего архитектурного моделирования: выделять дорожки по ролям и системным модулям, отделять ручные операции от автоматизируемых, явно именовать потоки данных и сохранять устойчивые идентификаторы действий. Эти рекомендации напрямую влияют на качество

моделей Capella и позволяют снизить риск потери требований при переходе от бизнес-анализа к системной архитектуре.

Практическая апробация подхода на примере системы «Кадровый аналитик» показала, что синтез BPMN и ARCADIA полезен для разработки архитектур организационно-технических систем, в которых целевая система встраивается в существующую деятельность пользователей. Подход может быть использован при разработке информационных, аналитических и технических систем, требующих согласования процессного, функционального и архитектурного представлений.

Библиографический список:

1. Object Management Group. Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/> (дата обращения: 17.05.2026).
2. ISO/IEC 19510:2013. Information technology - Object Management Group Business Process Model and Notation. - Geneva: International Organization for Standardization, 2013.
3. Eclipse Foundation. Eclipse Capella Project [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://projects.eclipse.org/projects/polarsys.capella> (дата обращения: 17.05.2026).
4. Voirin J.-L. Model-Based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method. - London: ISTE Press; Elsevier, 2017.
5. Roques P. Systems Architecture Modeling with the Arcadia Method: A Practical Guide to Capella. - London: ISTE; Wiley, 2017.
6. National Institute of Standards and Technology. FIPS PUB 183. Integration Definition for Function Modeling (IDEF0). - Gaithersburg: NIST, 1993.
7. ISO/IEC/IEEE 15288:2023. Systems and software engineering - System life cycle processes. - Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
8. INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities. 5th ed. - Hoboken: Wiley, 2023.
9. ISO/IEC/IEEE 29148:2018. Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering. - Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
10. ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. - М.: Стандартинформ, 2016.
11. ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. - М.: Стандартинформ, 2009.

12. Халл Э., Джексон К., Дик Дж. Инженерия требований. - М.: ДМК Пресс, 2016.
13. Дворников А.В. Введение в управление системной инженерией. - М.: НИУ ВШЭ, 2023.