



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

На правах рукописи

Лепехин Александр Андреевич

**Инжиниринг требований к информационно-
технологической поддержке управления предприятием
на основе моделирования бизнес-архитектуры**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Санкт-Петербург
2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор Ильин Игорь Васильевич

Официальные оппоненты:

Профессор, д.э.н.,
Тельнов Юрий Филиппович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», заведующий кафедрой Прикладной информатики и информационной безопасности

Профессор, д.э.н.,
Луценко Евгений Вениаминович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет», профессор кафедры компьютерных технологий и систем

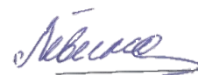
Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

Защита состоится 1 декабря 2021 года в 16:00 на заседании диссертационного совета У.08.00.13 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (194021, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50, а.1243).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте https://www.spbstu.ru/science/the-department-of-doctoral-studies/defences-calendar/the-degree-of-candidate-of-sciences/lepekhin_aleksandr_andreevich/ федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Автореферат разослан _____ 2021 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор экономических наук, доцент



Лёвина А.И.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В контексте масштабной цифровизации бизнеса и общества компании, их процессы, продукты и сервисы становятся частью сложной высокотехнологичной экосистемы. Этот факт, в совокупности с усиленной рыночной конкуренцией, диктуют повышенные требования к различным аспектам управления предприятием, включая информационно-технологическую поддержку.

Вопрос разработки, внедрения и развития информационно-технологической поддержки бизнеса рассматривается с самых различных точек зрения в существующих исследованиях: организации бизнес-процессов разработки, управления качеством информационно-технологической поддержки в целом и отдельных ее компонент, управления изменениями и различными их источниками, специфики применения проектных методологий для разработки и развития ИТ поддержки, а также аспектов выявления, анализа и разработки требований, на основе которых она выстраивается. Работа с требованиями к информационно-технологической поддержке является частью одного из фундаментальных направлений исследовательской деятельности в области программной инженерии и охватывается дисциплиной инжиниринга требований.

Инжиниринг требований представляет собой комплексную дисциплину, основанную на использовании системного подхода и технических принципов, применение которых способно повысить управляемость процессов разработки, внедрения и развития информационно-технологической поддержки.

Существующие методы инжиниринга требований фокусируются в большей степени на аспекте управления требованиями, не уделяя достаточного внимания их первоначальному формированию. Данная ограниченность существующих методов является препятствием для постепенного перехода компании к цифровой архитектуре в связи с отсутствием возможности комплексного анализа всего объема потребностей в информационно-технологической поддержке и, как следствие, лоскутной автоматизации отдельных бизнес-процессов.

Исследования Standish Group показали, что в проектах разработки и внедрения информационно-технологической управления предприятиями существует большое количество факторов, которые в различной степени влияют на результаты проекта. Бозм оценил, что поздняя корректировка ошибок в требованиях к продукту может стоить в 200 раз больше, чем корректировка в процессе непосредственно инжиниринга требований. В этой связи актуальным является системный подход к инжинирингу требований и разработка комплексного метода инжиниринга требований, который позволит формировать, документировать и управлять требованиями к информационно-технологической поддержке управления предприятием. В качестве основы данного метода предлагается использовать архитектурный подход, который позволит системно подойти к процессу разработки и управления требованиями.

Степень разработанности научной проблемы. В диссертации рассмотрено становление дисциплины инжиниринга требований, существующие подходы и методы инжиниринга требований, а также имеющиеся в данной области проблемы и открытые исследовательские вопросы. Данным вопросам посвящены труды Р. Харвелла, Д. Росса, К. Шомана, П. Зейв, Э. Габба, Л. Маколей, С. и Дж. Робертсонов, С. Люсьена, Д. Леффингвелла, Х. Краснера, С. Поттса, Б.А. Позина и др.

Вопросы развития концепции «архитектуры предприятия» и архитектурного подхода к управлению освещались в трудах Дж. Захмана, М. Ланкхорста, С. Спивака, С. Хилла, Д. Гринфоста, Г. Ричардсона, И.В. Ильина, В.К. Батоврина и др.

Также значительный вклад в разработку подходов и методологических принципов управления предприятием на базе концепции архитектуры предприятия внесли различные консалтинговые агентства, отраслевые консорциумы и институциональные объединения, такие как The Open Group, Gartner Group, IEEE.

Общий вывод по анализу научных источников свидетельствует о достаточном уровне проработанности только отдельных аспектов, являющихся составными элементами настоящего исследования, но не комплексных методов инжиниринга требований. Так, вопросы применения архитектурного подхода в рамках проектов по внедрению информационных систем рассмотрены достаточно глубоко. Кроме того, отдельные аспекты инжиниринга требований детально описаны в существующих исследованиях. При этом можно отметить недостаточную проработанность методологической базы по вопросам использования архитектурного подхода в процессе инжиниринга требований, его влияния на процессы инжиниринга требований, результаты применения подобного подхода. Исходя из вышесказанного была сформирована цель и задачи настоящего исследования.

Целью диссертационного исследования является разработка метода инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке управления предприятием на основе архитектурного подхода. Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Проанализировать существующие методы инжиниринга требований и описать взаимосвязь этапов инжиниринга требований с архитектурным подходом.
2. Разработать метод инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке управления предприятием на основе архитектурного подхода.
3. Разработать методику оценки стоимости работ по разработке и внедрению информационно-технологических сервисов.
4. Разработать подход к реализации проектов разработки и внедрения информационно-технологических сервисов с использованием предложенного метода инжиниринга требований и методики оценки стоимости проектных работ.

Объектом исследования являются компании различных отраслей, развивающие комплексную информационно-технологическую поддержку своей деятельности.

Предметом исследования является инжиниринг требований к информационно-технологической поддержке управления предприятием.

Теоретической основой исследования является концепция архитектурного подхода к анализу и развитию деятельности предприятия, а также результаты, изложенные в трудах ведущих мировых специалистов в области инжиниринга требований и архитектуры предприятия.

Методологической основой исследования являются общенаучные методы познания: анализ, формализация и моделирование. В качестве средства моделирования используется язык моделирования архитектуры предприятия ArchiMate.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа выполнена в соответствии с пунктами: 2.5. «Разработка концептуальных положений использования новых информационных и коммуникационных технологий с целью повышения эффективности управления в экономических системах» и 2.6. «Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии» паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в разработке метода инжиниринга требований на основе моделирования архитектуры предприятия, который позволяет формировать наиболее полный перечень требований к информационно-технологической поддержке управления предприятием, а также управлять реализацией и изменениями требований. Более подробно научная новизна раскрывается в **основных положениях, выносимых на защиту**:

1. Обоснована необходимость формирования комплексного подхода к инжинирингу требований на базе концепции архитектуры предприятия.
2. Разработана модель процесса инжиниринга требований, развивающая существующий метод развития архитектуры предприятия TOGAF ADM.
3. Предложен подход к моделированию предметной области инжиниринга требований средствами языка моделирования архитектуры предприятия ArchiMate.
4. Разработан метод инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке бизнес- и производственных процессов предприятия, основанный на системном подходе к анализу предприятия, и дополняющий существующие техники инжиниринга требований за счет учета архитектурного контекста представления предприятия.
5. Разработана методика оценки стоимости разработки и внедрения информационно-технологических сервисов, позволяющая более гибко управлять затратами на информационно-технологическую поддержку за счет более детальной структуризации этих затрат на уровне каждого отдельного требования.
6. Выполнена апробация разработанного метода инжиниринга требований, основанного на архитектурном подходе, и методики оценки стоимости разработки и внедрения информационно-технологических сервисов для внедрения корпоративного портала в консалтинговой ИТ-компании.

Теоретическая значимость состоит в формировании нового комплексного метода инжиниринга требований, который представляет собой комбинацию теоретических подходов моделирования архитектуры предприятия и инжиниринга требований, как одного из основополагающих направлений исследований в области программной инженерии.

Практическая значимость заключается в том, что применение результатов исследования позволит компаниям организовать более систематизированный процесс сбора, анализа и разработки требований к информационно-технологической поддержке управления предприятием, а также управления их изменениями. Это, в свою очередь, обеспечит формирование у компании более целостного представления направлений развития информационно-технологической поддержки в рамках стратегии внедрения информационных технологий на предприятии.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, обеспечивается использованием современных достижений теории, методологии и практики управления в рассматриваемой области, подтверждается положительной оценкой внедрения результатов в ИТ компаниях, внедряющих информационные системы на различных предприятиях.

Апробация и реализация результатов исследования. Результаты работы обсуждались и изложены в материалах:

- научной конференции с международным участием «Неделя Науки СПбПУ» (Санкт-Петербург, 2016 г.);
- научной конференции с международным участием «Неделя Науки СПбПУ» (Санкт-Петербург, 2017 г.);
- международной научной конференции “Business Technologies for Sustainable Urban Development”, SPBWOSCE 2017 (Санкт-Петербург, 2017 г.);
- 30-й международной конференции IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth (Мадрид, 2017 г.);
- научной конференции с международным участием «Неделя Науки СПбПУ» (Санкт-Петербург, 2018 г.);
- международной научной конференции “Business Technologies for Sustainable Urban Development”, SPBWOSCE 2017 (Санкт-Петербург, 2018 г.);

- международной научной конференции “Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018” (Воронеж, Самара, 2018 г.);
- международной научной конференции “Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service” (Санкт-Петербург, 2019 г.);
- 1-м международном воркшопе “Software Engineering Research & Practices for the Internet of Things (SERP4IoT) (Монреаль, 2019);
- 33-й международной конференции IBIMA Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020 (Гранада, 2019 г.);
- всероссийской научной и учебно-практической онлайн конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли» (Санкт-Петербург, 2020 г.).

Практическая апробация работы реализована в консалтинговой ИТ-компании Санкт-Петербурга.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 19 научных публикациях общим объемом 15,36 п.л., в том числе 8 работ объемом 5,2 п.л. опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. Во введении сформулирована проблематика исследования, описаны пункты новизны, представлены цель и задачи исследования. В первой главе представлен анализ существующих исследований в области инжиниринга требований, демонстрирующий степень изученности и проработанности данного исследовательского направления. Кроме того, в данной главе рассмотрены основные источники требований, описаны существующие подходы и методы инжиниринга требований, а также выявлены проблемы, существующие в области инжиниринга требований. Вторая глава посвящена разработке и описанию метода инжиниринга требований на основе архитектурного подхода. Помимо этого, в ней рассмотрены теоретические положения архитектуры предприятия, представлено сопоставление ключевых работ инжиниринга требований и элементов архитектуры предприятия, а также предложена методика оценки стоимости работ по разработке и внедрению ИТ-сервисов. В третьей главе представлены результаты апробации предложенного метода инжиниринга требований в консалтинговой ИТ-компании. Представлены результаты проведения инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке в рамках конкретного проекта в соответствии с разработанным методом, а также на основе данного метода проведена оценка стоимости разработки и внедрения ИТ-сервисов. В заключении сформулированы основные результаты исследования.

Объем диссертации составляет 128 страниц с 17 рисунками и 17 таблицами. Список литературы содержит 104 наименования.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Обоснована необходимость формирования комплексного подхода к инжинирингу требований на базе концепции архитектуры предприятия.

В рамках диссертационного исследования был проведен анализ существующих подходов к инжинирингу требований. Исследования в области инжиниринга требований фокусируются в основном на различных дискретных задачах инжиниринга, таких как: анализ требований, документирование требований, методики сбора требований, процессы изменения требований и другие. Данные задачи рассматриваются с точки зрения применения возможного инструментария для их эффективного выполнения, проводится анализ ошибок и лучших практик выполнения тех или иных задач. Предлагаемые инструменты для решения задач инжиниринга требований зачастую не относятся к единой методологической основе (фреймворку). Так, например, представление требований может выполняться средствами

UML, а модели автоматизируемых бизнес-процессов средствами нотации BPMN. Общий перечень моделей и инструментов зачастую не объединяется в единую методологию, а взаимосвязь результатов различных работ инжиниринга требований прослеживается в основном через проектную документацию.

Комплексный подход к инжинирингу требований рассматривается в основном с позиции руководителя проектов. Утверждается, что классический инжиниринг требований существенно опирается на большой объем документации для обмена знаниями, представляясь неотъемлемой частью водопадных методов управления проектами. В то время как гибкий инжиниринг требований характеризуется большим объемом личного взаимодействия со стейкхолдерами и постоянной работой с изменениями. В схожем подходе к комплексному анализу инжиниринга требований рассматривается 5 стратегий инжиниринга - линейная, инкрементальная, итерационная, адаптивная и экстремальная. Данные стратегии также анализируются с точки зрения применимости в рамках 2 основных подходов к управлению проектами – гибкому и водопадному.

Анализ существующих исследований показал, что описанные комплексные методы инжиниринга требований не затрагивают такие аспекты цифровой трансформации предприятий, как:

1. Взаимосвязь бизнес-процессов, бизнес-функций и других сущностей бизнес-архитектуры с разрабатываемыми ИТ решениями.
2. Влияние первоначально сформированных требований и их изменений не только на конечный программный продукт, но и на бизнес-архитектуру предприятия, для которого данный продукт создается.
3. Формирование переходных архитектурных моделей (бизнес-архитектуры, архитектуры приложений и технологической архитектуры) при поэтапной реализации и внедрении функциональности программного продукта.
4. Взаимосвязь требований стейкхолдеров с их целями в рамках организации, их драйверами и ценностями организации.

В условиях масштабных проектов цифровой трансформации предприятий, выявленные аспекты являются необходимыми для реализации комплексного подхода к развитию организации, который интегрирует изменения бизнес-архитектуры, архитектуры приложений и технологической архитектуры, и позволяет этими изменениями управлять.

В этой связи является актуальной разработка комплексного метода инжиниринга требований на основе концепции архитектуры предприятия. Данный метод позволит учесть перечисленные аспекты цифровой трансформации предприятий, а также позволит сформировать единый фреймворк, включающих систему терминов и определений, графических элементов, инструментов моделирования для всех работ инжиниринга требований.

2. Разработана модель процесса инжиниринга требований, развивающая существующий метод развития архитектуры предприятия TOGAF ADM.

На основе анализа существующих исследований было проведено обоснование выбора последовательности этапов инжиниринга требований, которые позволяют уточнить метод развития архитектуры предприятия TOGAF ADM (Architecture Development Method), а также состав данных этапов в контексте архитектурных проектов:

- Выявление требований – с точки зрения инжиниринга требований представляет собой определение заинтересованных сторон системы и сбор исходных требований из различных источников. С точки зрения архитектурного подхода данный этап будет включать выявление стейкхолдеров проекта, построение базовой бизнес-архитектуры и архитектуры информационных систем, определение требований стейкхолдеров и анализ возможностей существующих

программных продуктов с точки зрения удовлетворения сформированных требований.

- Анализ требований – с точки зрения инжиниринга требований представляет собой сравнение выявленных требований с техническими характеристиками системы и выработка технических требований к программному продукту. С точки зрения архитектурного подхода на данном этапе формируются целевая архитектура информационных систем и целевая технологическая архитектура, а также структура информационно-технологических сервисов на основе ранее сформированных требований. Архитектура информационно-технологических сервисов позволяет обеспечить прослеживаемость требований на всем их жизненном цикле.
- Документирование требований – с точки зрения инжиниринга требований представляет собой техническую спецификацию и формирование документа. С точки зрения архитектурного подхода данный этап представляет собой документирование целевой архитектуры информационных систем и технологической архитектуры, а также описание информационно-технологических сервисов.
- Валидация требований – с точки зрения инжиниринга требований представляет собой проверку технических требований на соответствие исходным требованиям. С точки зрения архитектурного подхода на данном этапе выполняется сопоставление различных видений архитектуры предприятия и проводится анализ на их непротиворечивость друг другу, а также на удовлетворение ранее сформированных требований. К целевой архитектуре также составляются требования соответствия, которые обеспечивают внедрение новых ИТ-сервисов в соответствии с потребностями стейкхолдеров. При этом верификация требований, которая в инжиниринге требований может рассматриваться как совместно, так и отдельно от валидации требований, в архитектурном подходе выражается также в сопоставлении различных видений архитектуры и проверке перечня сформированных ИТ-сервисов. Поэтому с точки зрения архитектурного подхода будет использоваться только этап валидации требований.
- Управление требованиями – с точки зрения инжиниринга требований представляет собой контроль и отслеживание изменения согласованных требований, взаимосвязей между требованиями. С точки зрения архитектурного подхода данный этап выражается в непрерывном контроле соответствия различных видений архитектуры и формировании поэтапного развития архитектуры.

Предложенный подход к организации этапов инжиниринга требований в контексте архитектурных проектов дополняет и декомпозирует состав работ отдельных этапов в TOGAF ADM. Так TOGAF ADM предоставляет общую концепцию комплексной разработки архитектуры предприятия, а предложенные этапы конкретизируют подходы и методики реализации отдельных блоков архитектуры предприятия и обеспечивают связь между ними.

Проведенный анализ этапов инжиниринга требований в контексте архитектуры предприятия показал, что комплексный метод инжиниринга требований, основанный на архитектурном подходе, позволяет уточнить этапы Метода развития архитектуры (ADM - Architecture Development Method) стандарта TOGAF:

- Фазы В (Базовая архитектура) и С (Целевая архитектура) цикла ADM включают в себя работы по выявлению, анализу, документированию и валидации требований.
- Фазы Е (Планирование миграции) и F (Внедрение) цикла ADM включают в себя работы по управлению изменениями требований и непрерывному анализу их влияния на архитектуру предприятия.

Графическое представление областей комплексного метода инжиниринга требований представлено на рисунке 1.

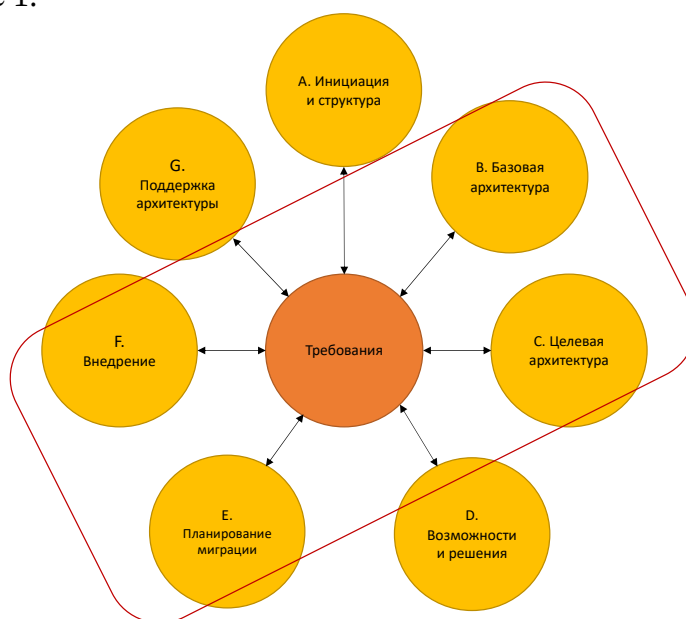


Рисунок 1 – Области комплексного метода инжиниринга требований в цикле ADM
Разработано автором

Таким образом в рамках разрабатываемого метода инжиниринга требований предлагается рассматривать описанные этапы инжиниринга требований в контексте архитектурного подхода. Это позволит реализовать комплексный подход к инжинирингу требований на основе принципов архитектуры предприятия, с одной стороны, и развить метод ADM стандарта TOGAF в части работы с требованиями с другой стороны. Подобное развитие метода ADM позволяет обеспечить следующие преимущества, обусловленные системным подходом к инжинирингу требований в архитектурных проектах:

1. Возможность сокращения ошибок при определении стейкхолдеров за счет комплексного анализа различных источников требований (требования стейкхолдеров, цели стейкхолдеров, ограничения, ценности, структура бизнес-процессов и другие источники).
2. Прослеживаемость требований на протяжении всего их жизненного цикла – от целей и потребностей стейкхолдеров до технической реализации (на уровне архитектуры информационных систем и технологической архитектуры).
3. Использование возможностей существующих программных продуктов, составляющих архитектуру информационных систем, для удовлетворения требований стейкхолдеров.
4. Валидацию создаваемых архитектурных решений с различных точек зрения: бизнес-архитектуры, архитектуры информационных систем и технологической архитектуры.

Метод развития архитектуры предприятия ADM описывает взаимосвязь архитектуры предприятия и элементов проектного менеджмента, принятых на уровне конкретной организации. Однако ADM не дает рекомендаций по выбору подхода к реализации архитектурного проекта. Развитие метода ADM стандарта TOGAF позволяет определить подход к организации архитектурных проектов на основе подхода к комплексному инжинирингу требований:

- линейная организация комплексного инжиниринга требований.
- итерационная организация комплексного инжиниринга требований.

Графическое представление линейной организации инжиниринга требований представлено на рисунке 2.

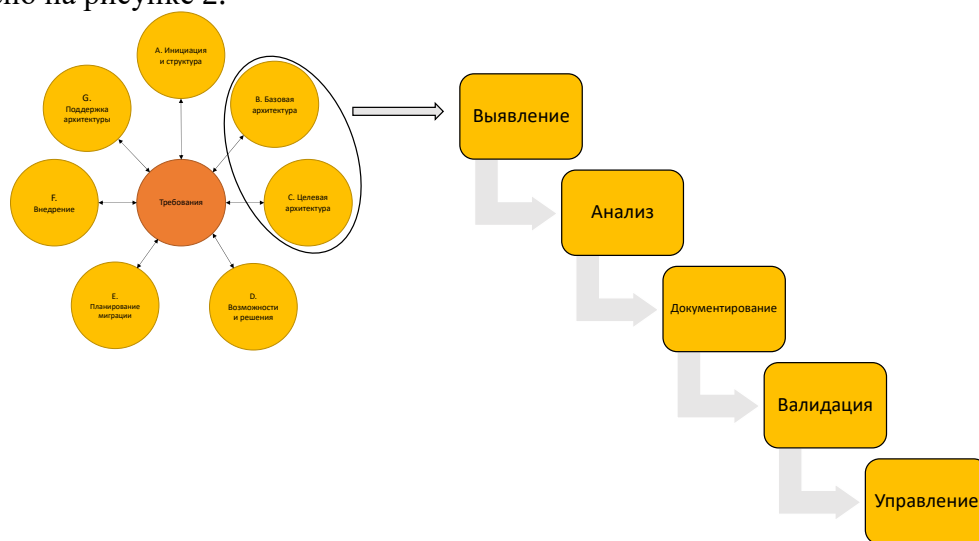


Рисунок 2 – Линейная организация инжиниринга требований в цикле ADM
Разработано автором

Линейная организация управления требованиями в цикле ADM предполагает выполнение всех основных этапов инжиниринга требований на основе информации этапов В (Базовая архитектура) и С (Целевая архитектура). При этом согласование требований происходит до начала Планирования миграции (этап Е). Управление требованиями в данном случае является строго регламентированным и выполняется только до начала планирования миграции. В рамках данного подхода предполагается полный цикл внедрения первоначально выявленных архитектурных изменений.

При этом в итерационной организации инжиниринга требований в цикле ADM возможно уточнение и повторный цикл работы с требованиями к ходу планирования миграции и непосредственно на этапе F (Внедрение). Графическое представление итерационной организации инжиниринга требований представлено на рисунке 3.

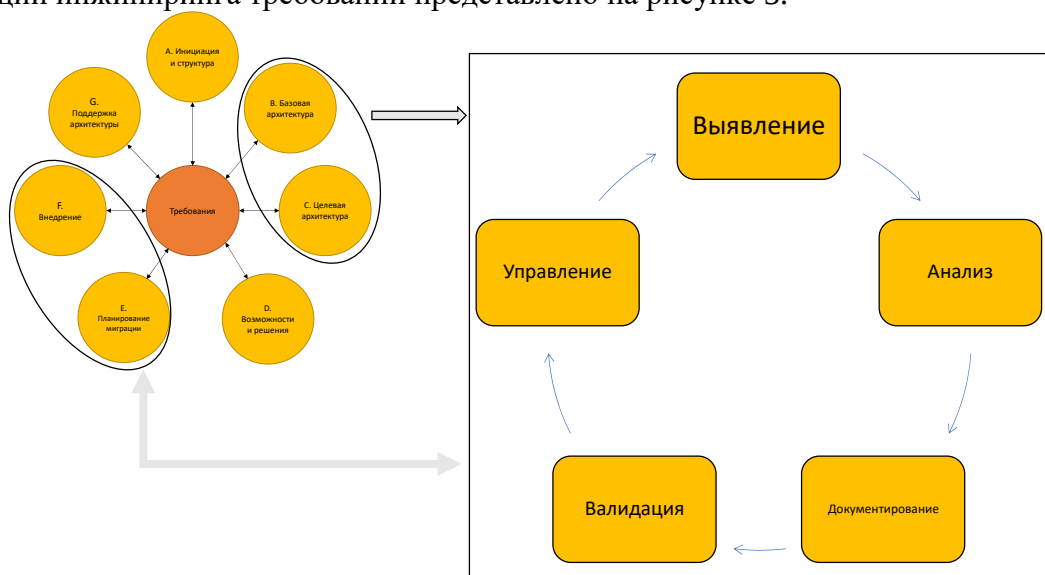


Рисунок 3 – Итерационная организация инжиниринга требований в цикле ADM
Разработано автором

Выбор той или иной модели организации инжиниринга требований для развития архитектуры предприятия определяется следующими факторами:

1. Возможностью формирования конечного состояния целевой архитектуры на этапе С цикла ADM (Целевая архитектуры).
2. Возможностью определения всех стейкхолдеров на этапе В цикла ADM (Базовая архитектура).
3. Возможностью формирования требований к системе всеми стейкхолдерами на этапе В цикла ADM (Базовая архитектура).
4. Возможностью единовременной реализации всех изменений в целевой архитектуре. Определяется на этапе С цикла ADM (Целевая архитектура).

На основе перечисленных факторов выбора подхода к организации инжиниринга требований были сформированы рекомендации по выбору подхода. Рекомендации представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендации по выбору подхода к организации инжиниринга требований в архитектурных проектах

№ п/п	Организация инжиниринга	Целевая архитектура	Определение стейкхолдеров	Формирование требований	Реализация
1.	Линейная организация инжиниринга	Возможность определить конечное состояние целевой архитектуры на этапе С цикла ADM	Возможность определить всех стейкхолдеров на этапе В цикла ADM	Возможность формирования требований всеми стейкхолдерами на этапе В цикла ADM	Возможность реализации всех или части изменений единовременно в целевой архитектуре
2.	Итерационная организация инжиниринга	На этапе С цикла ADM возможно определение всей целевой архитектуры или части ее элементов и связей	На этапе В цикла ADM возможно определить всех или часть стейкхолдеров	Возможность формирования требований всеми или несколькими стейкхолдерами на этапе В цикла ADM	Возможность реализации только части изменений в целевой архитектуре

3. Предложен подход к моделированию предметной области инжиниринга требований средствами языка моделирования архитектуры предприятия ArchiMate.

В рамках диссертационного исследования был предложен подход к моделированию предметной области инжиниринга требований средствами элементов стандарта архитектуры предприятия TOGAF. В частности, было использовано графическое представление TOGAF - язык моделирования ArchiMate. Описание графических элементов для моделирования области инжиниринга требований представлено в Таблице 2.

Таблица 2. Исследование возможностей применения моделей ArchiMate и стандарта TOGAF в области инжиниринга требований

№ п/п	Область инжиниринга требований	Видение архитектуры предприятия	Графические элементы архитектуры предприятия (на базе языка ArchiMate)
1.	Определение заинтересованных сторон	• Бизнес-слой • Мотивационное расширение	• Заинтересованные стороны
2.	Определение потребности заинтересованных сторон	• Мотивационное расширение	• Драйверы • Цели

			• Ценности • Результаты
3.	Управление изменениями	• Расширение внедрения и миграции	• Разрыв • Архитектурное плато
4.	Анализ компромиссов и определение приоритетов требований	• Мотивационное расширение	• Цели • Ценности
5.	Документирование требований	• Слой приложений	• Процесс приложения • Интерфейс приложения • Сервис приложения
6.	Представление потребности заинтересованных сторон в различных формах	• Слой приложений	• Сервис приложения • Функция приложения
7.	Выявление дополнительных требований	• Бизнес-слой	• Бизнес-процесс • Бизнес-сервис

Представленная таблица отражает сопоставление областей инжиниринга требований и элементов ArchiMate. Значительная часть элементов архитектуры относится к мотивационному расширению, поскольку именно оно позволяет зафиксировать стейкхолдеров, их цели, требования и ожидаемые результаты, а также обозначить драйверы изменений и ценность для заинтересованных лиц. Кроме того, элемент «Разрыв» позволяет установить действия, которые необходимо будет предпринять для реализации изменений. Возможно также использовать элементы уровня приложений, которые позволяют наглядно отразить потребности стейкхолдеров в том или ином функционале/сервисах приложений, а также визуализировать процесс документирования требований.

Данный перечень элементов не является исчерпывающим, при этом показывает основные возможности и потенциал языка моделирования ArchiMate для использования его в качестве основы для разработки комплексного метода инжиниринга требований на основе архитектурного подхода.

Кроме того, анализ областей инжиниринга требований в контексте архитектуры предприятия показал, что комплексный метод инжиниринга требований на основе архитектурного подхода должен включать следующие модели (видения) архитектуры предприятия:

- Мотивационное расширение (Motivation Extension)
- Бизнес-слой (Business Architecture)
- Слой приложений (Application architecture)
- Расширение внедрения и миграции (Implementation and Migration)

Предложенный набор моделей является достаточным для охвата всех работ инжиниринга требований, рассматриваемых в данном исследовании. Модели архитектуры предприятия, разработанные в настоящем исследовании, будут также сформированы средствами языка ArchiMate. Подобная адаптация общепринятого языка моделирования архитектуры предприятия для задач инжиниринга требований позволит создать единую среду для решения задач инжиниринга на основе комплексного подхода.

4. Разработан метод инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке бизнес- и производственных процессов предприятия, основанный на системном подходе к анализу предприятия, и дополняющий существующие техники инжиниринга требований за счет учета архитектурного контекста.

Разработанный метод инжиниринга требований на основе архитектурного стандарта представляет собой описание следующих составляющих для каждого этапа инжиниринга требований:

- состава работ с архитектурной точки зрения в соответствии с циклом ADM;
- системы архитектурных моделей на языке ArchiMate;
- системы проектных артефактов, которые требуется создавать в рамках проект создания информационно-технологической поддержки бизнес- и производственных процессов предприятия.

Подробное описание этапов данного метода представлено ниже в Таблице 3.

В соответствии с описанным методом в рамках этапа «Выявление требований» определяется и согласовывается перечень стейкхолдеров, выявляются их потребности и ожидания относительно конечных результатов проекта, а также документируются организационные рамки проекта. В соответствии с архитектурным подходом по итогам выполнения данного этапа может быть построена модель мотивационного расширения, которая позволит наглядно отразить основных стейкхолдеров, их требования, драйверы трансформации, а также конечные цели и основные ограничения. По результатам выполнения данного этапа формируются документы «Организационные рамки проекта» и «Функциональные требования».

Этап «Анализ требований» включает в себя работы по созданию различных форм представления требований, анализу взаимозависимостей требований, анализу приоритетов и компромиссов, а также работы по выявлению дополнительных требований и определению их влияния на архитектуру. С точки зрения архитектурного подхода на данном этапе создаются модели бизнес-архитектуры и ИТ-сервисов, а также выравнивание бизнес-архитектуры и архитектуры информационных систем (компоненты приложений, интеграция приложений и ИТ-сервисы). Модель бизнес-архитектуры и ИТ-сервисов позволяет системно взглянуть на деятельность компании и оценить потребности в информационной поддержке бизнес-деятельности. В свою очередь модель выравнивания бизнес-архитектуры и архитектуры информационных систем позволит оценить необходимость во внедрении тех или иных приложений для поддержки бизнес-потребностей, а также выявить потенциал для необходимых интеграций. Соответственно, выходными данными являются архитектура информационных систем, документы, содержащие информацию о функциональных и технических рамках проекта, а также бюджет реализации проекта.

В рамках этапа «Документирование требований» предполагается подготовка спецификации требований, составление детального бюджета проекта на основании выявленных требований, а также установление порядка реализации требований. С этапом документирования тесно связан этап «Валидация требований», в рамках которого требования и порядок их реализации согласуются со стейкхолдерами. С точки зрения архитектурного подхода на данных этапах целесообразно создать модель внедрения и миграции, поскольку она позволит спланировать порядок реализации требований и определить основные вехи проекта. По окончании этапов документирования и валидации требований формируется техническое задание с указанием приоритетов требований, детальный бюджет реализации проекта, а также график разработки и уточненный график реализации проекта.

Завершающим этапом в рамках указанного метода является этап «Управление требованиями». На данном этапе выстраивается, формализуется и согласовывается процесс работы с изменениями, определяется среда для работы с ними, а также разрабатывается методика анализа влияния изменений на продукт и рамки проекта. Соответственно, для разработки процесса работы с изменениями может быть построена модель бизнес-архитектуры, а рабочая среда может быть отражена при помощи модели архитектуры информационных систем. Результатом выполнения этапа является разработанный регламент управления изменениями.

Таблица 3 – Декомпозиция состава работ, система моделей и артефакты метода инжиниринга требований, основанного на архитектурном подходе

№ п/п	Этап инжиниринга требований	Состав работ в соответствии с циклом ADM стандарта TOGAF	Система моделей ArchiMate	Проектные артефакты
1.	Выявление требований	• Определение и согласование списка заинтересованных лиц (пользователи; лица принимающие решения; лица, влияющие на решения) • Документирование организационных рамок проекта • Определение потребностей заинтересованных сторон • Определение ожидаемых результатов проекта и ограничений	• Модель мотивационного расширения	• Документ «Организационные рамки проекта» • Документ «Функциональные требования»
2.	Анализ требований	• Представление требований в различных формах • Анализ взаимозависимости требований • Анализ приоритетов и компромиссов • Выявление дополнительных требований и определение их влияния на архитектуру	• Модель Бизнес-архитектуры (акторы и бизнес-процессы) и ИТ-сервисов • Модель Бизнес-архитектуры и архитектуры информационных систем (компоненты приложений, интеграция приложений и ИТ сервисы)	• Документ «Функциональные рамки проекта» • Документ «Технические рамки проекта» • Архитектура информационных систем • Бюджет реализации проекта
3.	Документирование требований	• Подготовка спецификации требований в соответствии с согласованным форматом • Определение детального бюджета проекта на основании выявленных требований • Определение очередей реализации требований	• Модель внедрения и миграции	• Документ «Техническое задание» с указанием приоритетов требований • Детальный бюджет реализации проекта • График разработки и уточненный график реализации проекта
4.	Валидация требований	• Согласование требований со стейкхолдерами • Согласование очередей реализации требований со стейкхолдерами		
5.	Управление требованиями	• Построение, формализация и согласование процесса работы с изменениями • Определение среды для работы с изменениями • Разработка методики анализа влияния изменений на продукт и рамки проекта	• Модель Бизнес-архитектуры (бизнес-процессы, акторы) • Модель Архитектуры информационных систем (компоненты приложений и сервисы)	• Документ «Регламент управления изменениями»

Таким образом предложенный метод инжиниринга требований базируется на методе развития архитектуры предприятия ADM и имеет следующие преимущества:

1. Метод позволяет обеспечить взаимосвязь элементов мотивационного расширения, связанных с требованиями, с их технической реализацией в архитектуре информационных систем и технологической архитектуре. Данная взаимосвязь позволяет системно управлять изменениями целевой архитектуры при изменении целей, ценностей и состава стейкхолдеров.
2. Метод позволяет визуализировать влияние реализации каждого требования на отдельные аспекты предприятия (изменения в бизнес-архитектуре, архитектуре информационных систем и технологической архитектуре), что в свою очередь позволяет планировать и внедрять изменения не только на уровне архитектуры информационных систем, но и элементах бизнес-архитектуры и технологической архитектуры.
3. Метод позволяет учесть при планировании перехода на целевую архитектуру (средствами расширения Внедрения и миграции) не только задачи, связанные с разработкой целевой архитектуры информационных систем, но также задачи, которые относятся к изменению бизнес-процессов предприятия, и задачи, которые относятся к обеспечению технологической инфраструктуры (аппаратного обеспечения) для функционирования информационных систем, за счет единой системы моделей, отражающей изменения архитектуры информационных систем, бизнес-архитектуры и технологической архитектуры.

5. Разработана методика оценки стоимости разработки и внедрения информационно-технологических сервисов, использующихся для управления бизнес- и производственными процессами, опирающаяся на комплексный подход к инжинирингу требований и позволяющая более гибко управлять затратами на информационно-технологическую поддержку за счет более детальной структуризации этих затрат.

В рамках диссертационного исследования была также предложена методика оценки стоимости проекта разработки и внедрения ИТ-сервисов.

В качестве основного показателя для оценки стоимости проекта в данном исследовании было решено рассматривать показатель фонд оплаты труда (ФОТ). При этом стоимость программного обеспечения (ПО), аппаратного обеспечения (АП) было решено не учитывать, так как стоимость данных составляющих регулируется политикой вендора ПО или поставщика АП. Кроме того, в отличие от стоимости ПО и АП, величина фонда оплаты труда зачастую является показателем, который сложнее обосновать перед лицами, принимающими решение в проектах относительно их бюджета.

В соответствии с предложенным методом инжиниринга требований оценка стоимости возможна уже после этапа «Выявление требований», однако глубина детализации данной оценки будет существенно больше после этапа «Документирование требований» в силу большей проработки требований к целевой системе.

В рамках предлагаемой методики предполагается, что после того, как сформулированы требования к системе, необходимо реализовать следующие шаги:

1. Определить специалистов, задействованных в реализации каждого требования.
2. Определить тарифную ставку каждого специалиста.
3. Определить долю фонда оплаты труда в стоимости проекта. В данном случае доля фонда оплаты труда в стоимости проекта определяется в зависимости от типа проекта. Так в высокотехнологичных проектах данный показатель может достигать 70%, в проектах внедрения информационных систем от 20% до 60% (в зависимости от отрасли и индивидуальных финансовых показателей компании, которая реализует проект).

4. Определить трудоемкость реализации требований в разрезе трудоемкости работ каждого задействованного специалиста.

На основе перечисленных показателей была сформирована структура оценки стоимости реализации требований. Данная структура представлена в таблице 4.

В приведенной таблице указаны следующие параметры:

- C_i – должность/квалификационный уровень i -го специалиста, задействованного на проекте.
- S_i – тарифная ставка i -го специалиста, задействованного на проекте.
- F_i – доля фонда оплаты труда i -го специалиста в стоимости часа работы специалиста в проекте.
- V_i – стоимость часа работы специалиста в проекте (вычисляется путем деления значения S_i на F_i)
- Req_j – требование к информационной системе, зафиксированное в рамках работ по инжинирингу требований.
- T_{ij} – трудоемкость работы i -го специалиста при выполнении j -й работы.
- $\sum_{j=1}^m T_{j1}$ – суммарная трудоемкость работы 1-го специалиста, задействованного в проекте. Аналогичным образом определяется трудоемкость работы каждого специалиста, выполняющего работы в проекте.
- $\sum_{i=1}^n (T_{1i} \cdot S_i)$ – совокупные затраты на оплату труда специалистов для реализации для 1-го требования. Аналогичным образом определяются совокупные затраты на оплату труда для каждого требования. Сумма данных значений представляет собой совокупные затраты на оплату труда для всего проекта – Z .
- $\sum_{i=1}^n (T_{1i} \cdot V_i)$ – стоимость реализации 1-го требования с учетом совокупных затрат на оплату труда специалистов для его реализации. Аналогичным образом определяется стоимость реализации каждого требования в проекте. Сумма данных значений представляет собой стоимость проекта – R .

Таким образом приведенная методика позволяет (с рядом ограничений, описанных выше) сформировать детальную оценку стоимости проекта разработки и внедрения ИТ-сервисов, которая строится на основании требований, выявленных в ходе инжиниринга.

Данная методика обеспечивает более прозрачный механизм формирования и управления стоимостью ИТ-решений, который позволяет:

1. Отслеживать и управлять изменением стоимости разработки и внедрения ИТ-сервисов при изменении каждого отдельного требования (изменение стейкхолдера, который данное требование сформулировал; функциональной составляющей требования; необходимости исключения данного требования).
2. Отслеживать и управлять изменением стоимости разработки и внедрения ИТ-сервисов при изменении состава исполнителей, которые данные сервисы реализуют.
3. Управлять приоритетами требований в условиях недостаточности бюджета проекта для реализации всех требований, сформированных стейкхолдерами.

Оценивать стоимость разработки и внедрения каждого отдельного ИТ-сервиса в зависимости от необходимого состава работ и требующихся для этого ресурсов.

Таблица 4 – Структура оценки стоимости реализации требований

Специалист	C_1	C_2	C_3		C_n	Совокупные затраты на оплату труда	Стоимость проекта
Тарифная ставка специалиста	S_1	S_2	S_3	...	S_n		
Доля фонда оплаты труда в	F_1	F_2	F_3	...	F_n		

стоимости проекта							
Стоимость часа в проекте	V_1	V_2	V_3	...	V_n		
Требование	<i>Трудоемкость работы</i>						
Req_1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	T_{1n}	$\sum_{i=1}^n (T_{1i} \cdot S_i)$	$\sum_{i=1}^n (T_{1i} \cdot V_i)$
Req_2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	...	T_{2n}	$\sum_{i=1}^n (T_{2i} \cdot S_i)$	$\sum_{i=1}^n (T_{2i} \cdot V_i)$
Req_3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	...	T_{3n}	$\sum_{i=1}^n (T_{3i} \cdot S_i)$	$\sum_{i=1}^n (T_{3i} \cdot V_i)$
...	...	...	...	...	...	...	...
Req_m	T_{m1}	T_{m2}	T_{m3}	...	T_{mn}	$\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot S_i)$	$\sum_{i=1}^n (T_{mi} \cdot V_i)$
ИТОГО	$\sum_{j=1}^m T_{j1}$	$\sum_{j=1}^m T_{j2}$	$\sum_{j=1}^m T_{j3}$	...	$\sum_{j=1}^m T_{jn}$	Z	R

6. Выполнена апробация разработанного метода инжиниринга требований, основанного на архитектурном подходе, и методики оценки стоимости разработки и внедрения информационно-технологических сервисов, использующихся для управления бизнес- и производственными процессами.

Практическое применение методики оценки и метода инжиниринга требований было реализовано в проекте внедрения корпоративного портала в консалтинговой компании.

В соответствии с предложенным методом первым этапом инжиниринга требований является «Выявление требований».

В рамках данного проекта были определены следующие заинтересованные стороны: собственники компании; руководитель отдела HR; главный бухгалтер; руководитель отдела корпоративных продаж; руководитель отдела продаж (массовое направление); куратор линии консультаций; руководитель департамента развития систем; руководитель проектной группы (массовое направление); руководитель департамента внедрения; офис-менеджер.

На уровне стратегии компании практически едиными драйверами для всех руководителей стали:

- обеспечение прибыльности бизнеса;
- развитие бизнеса (с точки зрения организационных, технологических и других аспектов);
- повышение уровня удовлетворенности клиентов (и как следствие улучшение узнаваемости компании как бренда).

Как показал анализ целей ключевых стейкхолдеров, фокус внимания руководителей всех направлений в первую очередь направлен на развитие компании, рост числа проектов, повышение эффективности их выполнения, а также на развитие сотрудников и обеспечение социальной среды.

На основе этой информации была создана модель мотивационного расширения, которая представлена на рисунке 5. С помощью представленной модели было определено, какие требования имеются у ключевых стейкхолдеров, а затем эти требования были сопоставлены с соответствующими целями. На данной модели с помощью элементов типа «Requirement» («Требование») отражены те зоны, которые необходимо автоматизировать с

точки зрения каждого стейкхолдера. По своей сути данные элементы представляют собой функциональные требования к системе.

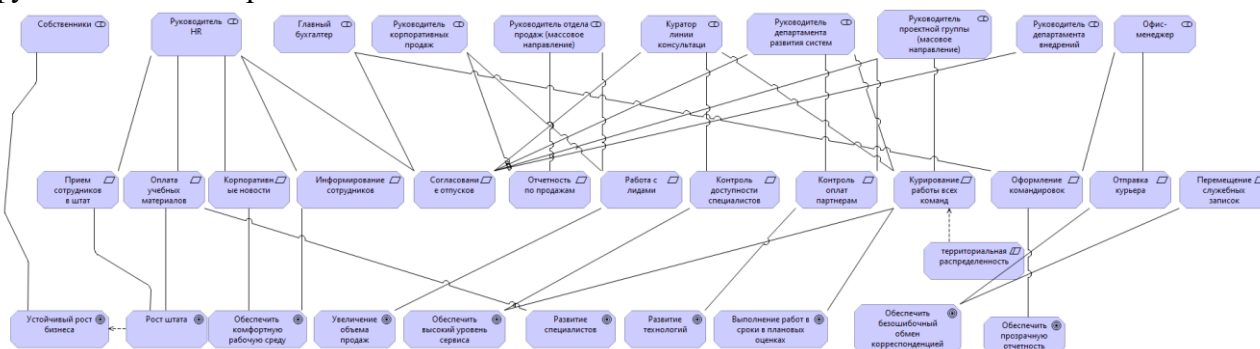


Рисунок 5 – Модель мотивационного расширения

Разработано автором

Таким образом, анализ представленного расширения мотивационной модели позволил определить перечень требований стейкхолдеров. Для наглядности данные требования были представлены в виде таблицы (таблица 5), где для каждого требования был задан ID-номер.

Таблица 5– Функциональные требования

№ п/п	ID	Функциональное требование
1.	REQ1	Реализовать в системе процесс приема сотрудников в штат
2.	REQ2	Реализовать в системе процесс оплаты учебных материалов
3.	REQ3	Реализовать возможность публикации корпоративных новостей
4.	REQ4	Реализовать среду и функциональность для информирования сотрудников
5.	REQ5	Реализовать в системе процесс согласования отпусков
6.	REQ6	Реализовать функциональность отчетов по продажам
7.	REQ7	Реализовать функциональность регистрации и работы с лидами
8.	REQ8	Реализовать функциональность контроля доступности специалистов в течение рабочего дня
9.	REQ9	Реализовать процесс контроля оплаты партнерам
10.	REQ10	Реализовать среду для совместной работы нескольких команд с возможностью административного контроля
11.	REQ11	Реализовать в системе процесс оформления и согласования командировок
12.	REQ12	Реализовать в системе возможность оформления документов для курьерской доставки

Следующим этапом инжиниринга требования является «Анализ требований».

Для выполнения данных работ была разработана модель архитектуры предприятия, которая включает в себя описание Бизнес-архитектуры, а также перечень ИТ-сервисов, которые необходимы для информационной поддержки представленных компонентов бизнес-архитектуры, и компоненты приложений, которые данные сервисы могут реализовать. Данная модель представлена на рисунке 6.

Полученная модель является основой для выполнения этапов «Документирование требований» и «Валидация требований». В рамках этапа «Валидация требований» выполняется сопоставление сформированной архитектуры ИТ-сервисов и требований, которые были ранее сформулированы стейкхолдерами. В результате этапа «Валидация требований» у всех участников проекта должно сформироваться единое понимание соответствия сформированных требований и предложенных ИТ-сервисов, которые данные требования позволяют удовлетворить. Результаты валидации фиксируются в формальной проектной документации в рамках этапа «Документирование требований».

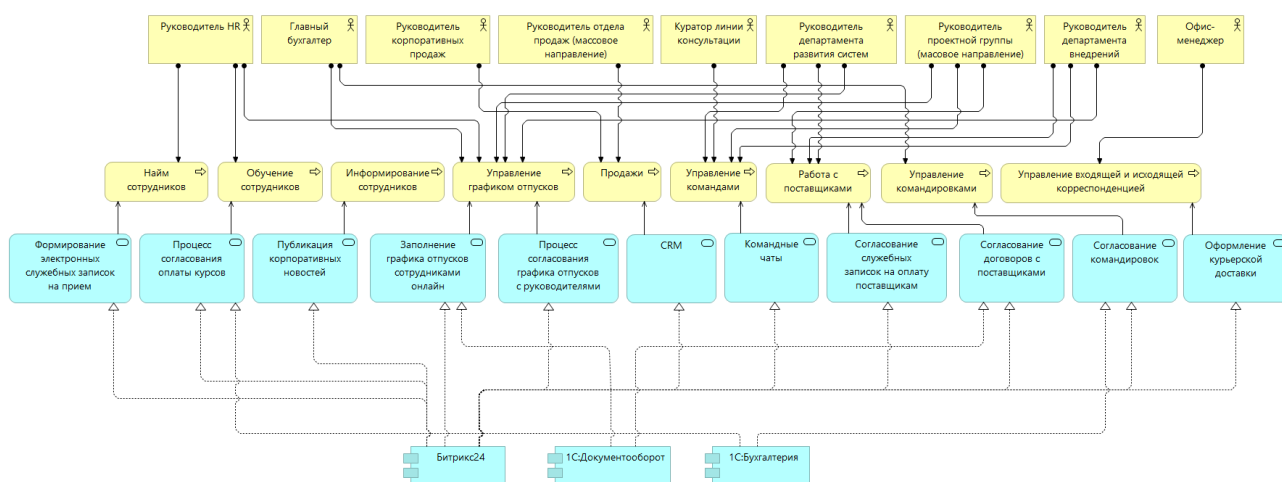


Рисунок 6 – Модель «выравнивания» Бизнес-архитектуры и ИТ-архитектуры
Разработано автором

В рамках данных этапов также выполняется подготовка и согласование таких документов, как: «Техническое задание» с указанием приоритетов требований; детальный бюджет реализации проекта; график разработки и уточненный график реализации проекта. Кроме того, после подготовки детальной модели Архитектуры приложений, в рамках этапов «Документирование требований» и «Валидация требований» была разработана модель Внедрения и миграции (рисунок 7). Данная модель позволила визуализировать очередность внедрений всех ранее выявленных информационно-технологических сервисов.

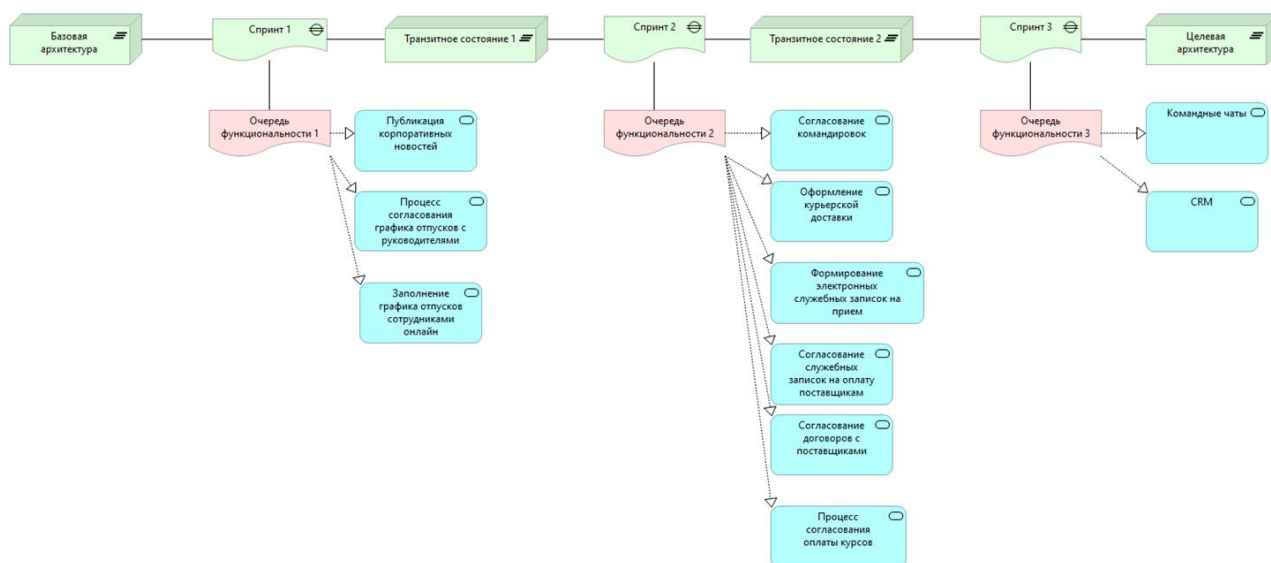


Рисунок 7 – Модель Внедрения и миграции
Разработано автором

Таким образом, из представленной модели видно, что с заказчиками проекта было согласовано поэтапное внедрение всех сервисов через несколько переходных состояний архитектуры.

Еще одним важным этапом инжиниринга требований, который предусмотрен в рамках предложенного метода, является этап «Управление требованиями». На рисунке 8 представлен процесс взаимодействия участников процесса управления изменениями, а также программные средства для контроля внедряемых изменений.

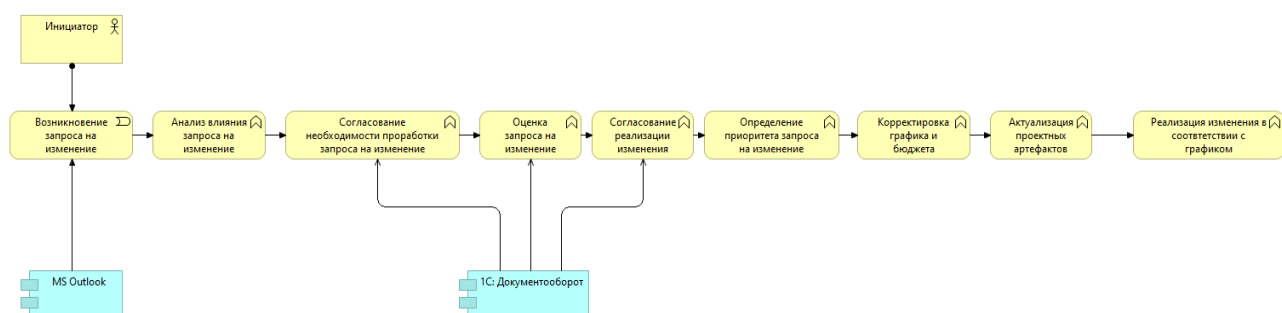


Рисунок 8 – Процесс управления изменениями
Разработано автором

Таким образом, описанные этапы инжиниринга требований позволили сформировать полный перечень стейкхолдеров проекта, описать их требования, проанализировать влияние этих требований на цели и драйверы стейкхолдеров, а также выполнить проектирование системы, то есть сформировать перечень ИТ-сервисов и архитектуру приложений, которые позволят реализовать требования стейкхолдеров.

На основе разработанного метода инжиниринга требований была проведена оценка стоимости реализации требований. Структура оценки стоимости реализации требований представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Структура оценки стоимости реализации требований

Специалист	Руководитель проекта	Архитектор системы	Аналитик	Разработчик	Совокупные затраты на оплату труда	Стоимость проекта
Тарифная ставка специалиста	875,00 Р	875,00 Р	680,00 Р	750,00 Р		
Доля фонда оплаты труда в стоимости проекта	40,00%	40,00%	40,00%	40,00%		
Стоимость часа в проекте	2 187,50 Р	2 187,50 Р	1 700,00 Р	1 875,00 Р		
Требование	Трудоемкость работы					
REQ1	2	8	16	7	24 880,00 Р	62 200,00 Р
REQ2	1	10	13	24	36 465,00 Р	91 162,50 Р
REQ3	4	12	12	10	29 660,00 Р	74 150,00 Р
REQ4	3	8	14	5	22 895,00 Р	57 237,50 Р
REQ5	2	9	15	4	22 825,00 Р	57 062,50 Р
REQ6	1	7	16	10	25 380,00 Р	63 450,00 Р
REQ7	4	6	18	13	30 740,00 Р	76 850,00 Р
REQ8	5	8	10	6	22 675,00 Р	56 687,50 Р
REQ9	1	14	13	8	27 965,00 Р	69 912,50 Р
REQ10	2	10	10	28	38 300,00 Р	95 750,00 Р
REQ11	1	7	9	6	17 620,00 Р	44 050,00 Р
REQ12	1	6	7	12	19 885,00 Р	49 712,50 Р
ИТОГО	27	105	153	133	319 290,00 Р	798 225,00 Р

В качестве тарифных ставок специалистов были выбраны следующие значения:

- руководитель проекта – 875 руб./час;
- архитектор системы – 875 руб./час;
- аналитик – 680 руб./час;

- разработчик – 750 руб./час.

Данные значения были определены исходя из средней заработной платы специалистов указанного профиля, включая налог на доходы физических лиц.

Доля фонда оплаты труда в стоимости проекта для всех специалистов, задействованных в проекте, была определена как 40%.

Также методом экспертной оценки была определена трудоемкость работы каждого специалиста при реализации каждого требования. Значения трудоемкости определены в часах.

С учетом указанных параметров были рассчитаны совокупные затраты на оплату труда, которые составили 319 290 рублей. Далее была определена стоимость проекта, которая составила 798 225 рублей.

Таким образом, предложенный метод инжиниринга требований позволил определить перечень требований и стоимость проекта разработки и внедрения ИТ-сервисов корпоративного портала.

Для обоснования полезности предложенного метода был проведен опрос представителей отрасли внедрения информационных систем. Всего было опрошено 44 специалиста: архитекторы систем, руководители проектов и руководители подразделений (выступающих, как правило, в роли Кураторов проектов) из 12 различных компаний. Интервью включало 6 вопросов с вариантами ответов, которые подразумевали качественный анализ предложенного метода инжиниринга требований респондентами, а также сравнение результатов применения методики оценки стоимости разработки и внедрения ИТ-сервисов с фактическими данными реальных проектов из опыта опрашиваемых.

Результаты интервью показали, большинство опрошенных отмечают возможность упрощения процесса сбора и анализа требований с помощью предложенного метода. Кроме того, большинством было отмечено, что язык моделирования архитектуры ArchiMate может быть потенциально удобным инструментом для взаимодействия с Заказчиком при выполнении работ по инжинирингу требований.

Также анализ проектов опрашиваемых показал, что в большинстве случаев среднее отклонение фактической стоимости проектов от подсчитанной по предложенной методике составил менее 20%.

Таким образом опрос представителей отрасли внедрения информационных систем показал полезность предложенного метода инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке бизнес- и производственных процессов предприятия, а также методики оценки стоимости разработки и внедрения ИТ-сервисов.

Предложенный метод инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке управления предприятием на основе архитектурного подхода получил одобрение представителей ИТ-компаний, отдельные элементы были внедрены в практику (отзывы и акты о внедрении прилагаются).

III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ (ЗАКЛЮЧЕНИЕ)

Цель исследования достигнута, поскольку основным его результатом является разработанный метод инжиниринга требований на основе архитектурного стандарта. Также достигнуты следующие результаты:

1. Разработаны модели процессов инжиниринга требований на основе метода развития архитектуры предприятия TOGAF ADM и сформулированы рекомендации, позволяющие выбрать линейную или итерационную модель процесса инжиниринга в зависимости от характеристик отдельных этапов ADM, а также определить подход к реализации проекта.
2. Предложено представление работ по инжинирингу требований с помощью архитектурного стандарта TOGAF, позволяющее использовать язык моделирования архитектуры предприятия ArchiMate для разработки артефактов, создаваемых в процессе инжиниринга требований, и обеспечения их взаимосвязи

с моделями архитектуры предприятия для более точного отображения связи ИТ-сервисов и требований стейкхолдеров.

3. Разработан комплексный метод инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке предприятия, отличающийся возможностью учета архитектурного контекста, включая вопросы мотивации стейкхолдеров, изменения бизнес-архитектуры, архитектуры информационных систем и технологической архитектуры в ходе реализации проектов, и обеспечивающий системное управление реализацией требований и их изменениями.
4. Разработана методика оценки стоимости разработки и внедрения информационно-технологических сервисов, которая в отличие от существующих подходов, позволяет детализировать стоимость разработки и внедрения целевой архитектуры информационных систем до уровня отдельного требования стейкхолдера. Разработанная методика также дополняет существующие методы оценки стоимости разработки ИТ-сервисов возможностью анализировать изменение стоимости при изменении конкретных исполнителей.

Реализация предложенных методов и методик для консалтинговой ИТ компании показала эффективность их применения при формировании требований (валидация требований показала, что они полностью отражают потребности стейкхолдеров), реализации требований (анализ существующей архитектуры приложения позволил задействовать сервисы существующих программных продуктов и дополнить архитектуру приложений новым программным продуктом, реализующим дополнительные сервисы) и контроле затрат на реализацию требований (за счет определения стоимости каждого отдельного требования).

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Публикации в изданиях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science:

1. Ilin I., Lepekhin A., Levina A., Iliashenko O. Analysis of Factors, Defining Software Development Approach // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017 / под ред. Murgul V., Popovic Z. Cham: Springer International Publishing, 2018. С. 1306–1314. (авт. вклад 0,3 п.л.)
2. Ilin I., Levina A., Lepekhin A., Kalyazina S. Business Requirements to the IT Architecture: A Case of a Healthcare Organization // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018 / под ред. Murgul V., Pasetti M. Cham: Springer International Publishing, 2019. С. 287–294. (авт. вклад 0,25 п.л.)
3. Anisiforov A., Dubgorn A., Lepekhin A. Organizational and economic changes in the development of enterprise architecture // E3S Web Conf. EDP Sciences, 2019. Т. 110. С. 02051. (авт. вклад 0,3 п.л.)
4. Levina A.I., Borremans A.D., Lepekhin A.A., Kalyazina S.E., Schröder K.M. The evolution of Enterprise Architecture in scopes of digital transformation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. Т. 940, № 1. С. 7. (авт. вклад 0,15 п.л.)
5. Ilin I.V., Frolov K.V., Lepekhin A.A. From Business processes model of the company to software development: MDA business extension // Proceedings Of The 29th International Business Information Management Association Conference - Education Excellence And Innovation Management Through Vision 2020: From Regional Development Sustainability To Global Economic Growth. 2017. С. 1157–1164. (авт. вклад 0,3 п.л.)
6. Ilin I.V., Levina A.I., Lepekhin A.A. The complexity of requirements engineering approach as a potential critical-success factor of software project // Proceedings Of The 30th International Business Information Management Association Conference, Ibima 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic Development, Innovation Management, And Global Growth. 2017. С. 2578–2590. (авт. вклад 0,45 п.л.)

7. Maydanova S., Ilin I., Lepekhin A. Capabilities evaluation in an enterprise architecture context for digital transformation of seaports network // Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. 2019. С. 5103–5111. (авт. вклад 0,3 п.л.)

8. Kalyazina S., Dubgorn A., Draganov M., Lepekhin A. Application of prototyping for the development of a recommendation system for analysis and replenishment of inventory balances // Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. 2019. С. 9706–9711. (авт. вклад 0,1 п.л.)

9. Lepekhin A.A., Levina A.I., Dubgorn A.S., Weigell J., Kalyazina S.E. Digitalization of Seaports based on Enterprise Architecture approach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. Т. 940. С. 012023. (авт. вклад 0,2 п.л.)

Публикации в изданиях, рецензируемых ВАК России:

10. Лепехин А.А., Борреманд А.Д. Анализ инжиниринга требований к информационно-технологической поддержке с точки зрения теории сложности // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 11 (89). С. 66–69. (авт. вклад 0,25 п.л.)

11. Власов М.П., Лепехин А.А., Дубгорн А.С. Разработка функциональной модели системы управления цепочками поставок на производственном предприятии // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 12 (90). С. 41–44. (авт. вклад 0,15 п.л.)

12. Ильяшенко О.Ю., Ильин И.В., Лепехин А.А. Инновационное развитие ИТ-архитектуры предприятия посредством внедрения системы бизнес-аналитики // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 8 (74). С. 59–66. (авт. вклад 0,3 п.л.)

13. Ильин И.В., Левина А.И., Лепехин А.А. Подход к управлению проектом внедрения ERP-системы, основанный на концепции сквозных бизнес-процессов // Перспективы Науки. 2017. № 2 (89). С. 26–31. (авт. вклад 0,2 п.л.)

14. Нефедова Л.А., Ильин И.В., Лепехин А.А., Ильяшенко О.Ю. Разработка моделей бизнес-процессов систем НИОКР для применения аддитивных технологий // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 6 (96). С. 72–76. (авт. вклад 0,1 п.л.)

15. Борреманд А.Д., Лепехин А.А., Левина А.И., Дубгорн А.С. Разработка требований к системе управления медицинской организации в условиях цифровой трансформации // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 8 (98). С. 92–96. (авт. вклад 0,15 п.л.)

16. Дубгорн А.С., Левина А.И., Лепехин А.А. Референтная модель функциональной структуры медицинской организации // Журнал Исследований По Управлению. 2019. Т. 5, № 1. С. 29–36. (авт. вклад 0,3 п.л.)

17. Левина А.И., Борреманд А.Д., Лепехин А.А. Функционально-ориентированное проектирование информационных систем инфраструктурно-емких предприятий // Перспективы Науки. 2018. № 11 (110). С. 35–39. (авт. вклад 0,15 п.л.)

Публикации в других изданиях:

18. Лепехин А.А., Ильин И.В., Дубгорн А.С. Применение архитектурного подхода в проектах внедрения информационных систем // НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2015. С. 193–195. (авт. вклад 0,1 п.л.)

19. Синельников М.А., Лепехин А.А. Проектирование ИТ-инфраструктуры производственного предприятия и разработка плана реализации задач диджитализации // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2018. С. 81–88. (авт. вклад 0,45 п.л.)