

Цифровая архитектура предприятия

Бизнес-сообщество и промышленные компании за последние 100 лет уже пережили ряд трансформаций, основанных на технологических достижениях цивилизации: механизация, электрификация, индустриализация, автоматизация. Очередной виток в развитии технологий привел мир к возможности совершить еще один качественно новый скачок практически для любого бизнеса и любой деловой деятельности, в том числе деятельности некоммерческого характера. Новым фактором фундаментальных изменений является «цифра» и поэтому мы говорим о цифровой трансформации. Трансформация подразумевает необходимость коренным образом изменить как продукты (сервисы), так и методы их доставки потребителю, а также взаимодействие с поставщиками, клиентами, внутренними сотрудниками организаций.

Если обычные изменения затрагивают один процесс, одну систему или одно подразделение, то трансформация подразумевает изменение всех факторов и видов деятельности, причем одновременно. Это создает чрезвычайно высокий уровень сложности, с которым текущие коллективы менеджеров давно не сталкивались. Во-первых, нужно осознать, с чем мы подошли к точке трансформации, во-вторых, нужно спроектировать целевое состояние организации во всех ее аспектах организованности: что делаем, как делаем, зачем делаем, что производим, какую ценность поставляем рынку, как видим рынок, какие технологии будем использовать, к какой экосистеме примкнуть или не стать ли самим в центре экосистемы. Зачастую сложность предстоящих изменений такова, что ставится даже вопрос, что делать с текущим бизнесом: трансформировать его или начать строить новый бизнес рядом «с нуля»?

Методология трансформации становится насущно востребованной. Но где взять такую методологию? 20-30 лет для таких задач предлагались методы организационного инжиниринга или реинжиниринга. Сегодня им на смену пришел архитектурный подход, который объединяет и гармонизирует любые бизнес-инициативы предприятия: смена бизнес-модели, запуск нового канала продаж, внедрение новой ИТ-технологии, модернизация инфраструктуры, реализация новой стратегии и т.д.

1 Понятие архитектуры

Итак, трансформация, как комплексное изменение – это сложное упражнение для организации, которое должно ответить на вопросы, что менять, как менять, зачем менять и какую отдачу это принесёт предприятию. Чтобы понять объект изменения или объект трансформации, его нужно описать, будь то текущее состояние предприятия, которое предстоит трансформировать, или будущее состояние, или новый бизнес, который предстоит построить.

Архитектура предприятия (Enterprise Architecture) — это область знаний об организованности (составе, связях и отношениях) отдельных частей предприятия, причем самых разных и абсолютно всех: систем, процессов, людей, инфраструктуры, данных, целей, задач, требований и т.д. Последние 10 лет мы воспринимали организованность только через призму бизнес-процессов или внедрения очередной комплексной системы (CRM, BPMS, ERP). Архитектура смотрит на это шире: цели должны совпадать с ресурсами компании по производству продуктов/услуг, продукты должны адресовать ценности клиента, клиенты взаимодействуют с компанией через предпочтительные для них каналы, каналы поддерживаются процессами, процессы обеспечиваются ИТ-системами, системам нужна инфраструктура, системы срачиваются с АСУ ТП,

АСУ ТП изменяет свою природу: монолит разделяется на сеть взаимодействующих IoT-устройств. Всё пронизано целесообразностью и рациональностью, всё пронизано сотнями решений и корректирующих уточнений. Кто контролирует эти решения, как они учитываются, как они воплощаются в жизнь? Ответы на эти вопросы даёт архитектурная дисциплина.

Архитектурная практика и результат ее деятельности – архитектура – имеют несколько очевидных аспектов:

- Архитектура – это статическое описание всех аспектов функционирования предприятия.
- Архитектура – это метод изменения предприятия.
- Архитектура – это методология и дисциплина действий архитекторов.
- Архитектура – это принятие бизнес-, ИТ- и технических решений.

Существует около десяти определений архитектуры, подчеркивающих тот или иной аспект этого комплексного понятия. Приведем те, которые будут лежать в основе нашего дальнейшего рассуждения.

В соответствии с IEEE архитектура определяется следующим образом¹:

Архитектура — это совокупность всех компонентов предприятия, их отношения между собой и с окружением предприятия, а также решения и принципы, определяющие их создание, применение, взаимодействие и развитие [этих компонентов].

Здесь под системой мы будем понимать предприятие. Предприятие является, несомненно, одной из самых сложных систем окружающего нас мира. Чем больше и сложнее предприятие, тем важнее для него понимание, контроль и осознанное развитие своей организованности.

Цитата из Стандарта IEEE 42010:2011. Архитектура какой-либо системы представляет собой то, что является существенным относительно рассматриваемой системы в ее окружающей среде. Не существует единственной характеристики того, что является существенным или основным для системы; такая характеристика может принадлежать любому из следующего:

- компоненту (классу компонентов) системы;
- тому, как компоненты устроены или взаимосвязаны;
- принципам организации системы или проекта;
- принципам, управляющим развитием системы в её жизненном цикле.

Источник данных для врезки: <http://docs.cntd.ru/document/1200139542> (Стандарт ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011).

Здесь под компонентами предприятия понимаются не только структурные компоненты предприятия, а именно: подразделения, группы, ИТ-системы, базы данных, станки, конвейеры, офисы, склады (и так далее), но и поведенческие:

- действия участников системы, в том числе цели действий, принципы деятельности, ограничения и KPI на деятельность;
- функции участников системы (людей, отделов, смежных бизнесов), которые должны совершать строго определенные действия в определенных последовательностях (конвейеры действий или процессы).

Кроме структурных и поведенческих аспектов в поле анализа и дизайна архитектуры входят также самые разные компоненты различной природы: цели, каналы взаимодействия, заинтересованные и влияющие лица, их интересы, требования, решения, принципы, драйверы – все, что может быть

¹ IEEE 1471 - <https://standards.ieee.org/standard/1471-2000.html>

выделено как отдельный рассматриваемый компонент, имеющий влияние на успех или надежное функционирование предприятия (см. для примера Рисунок 1).

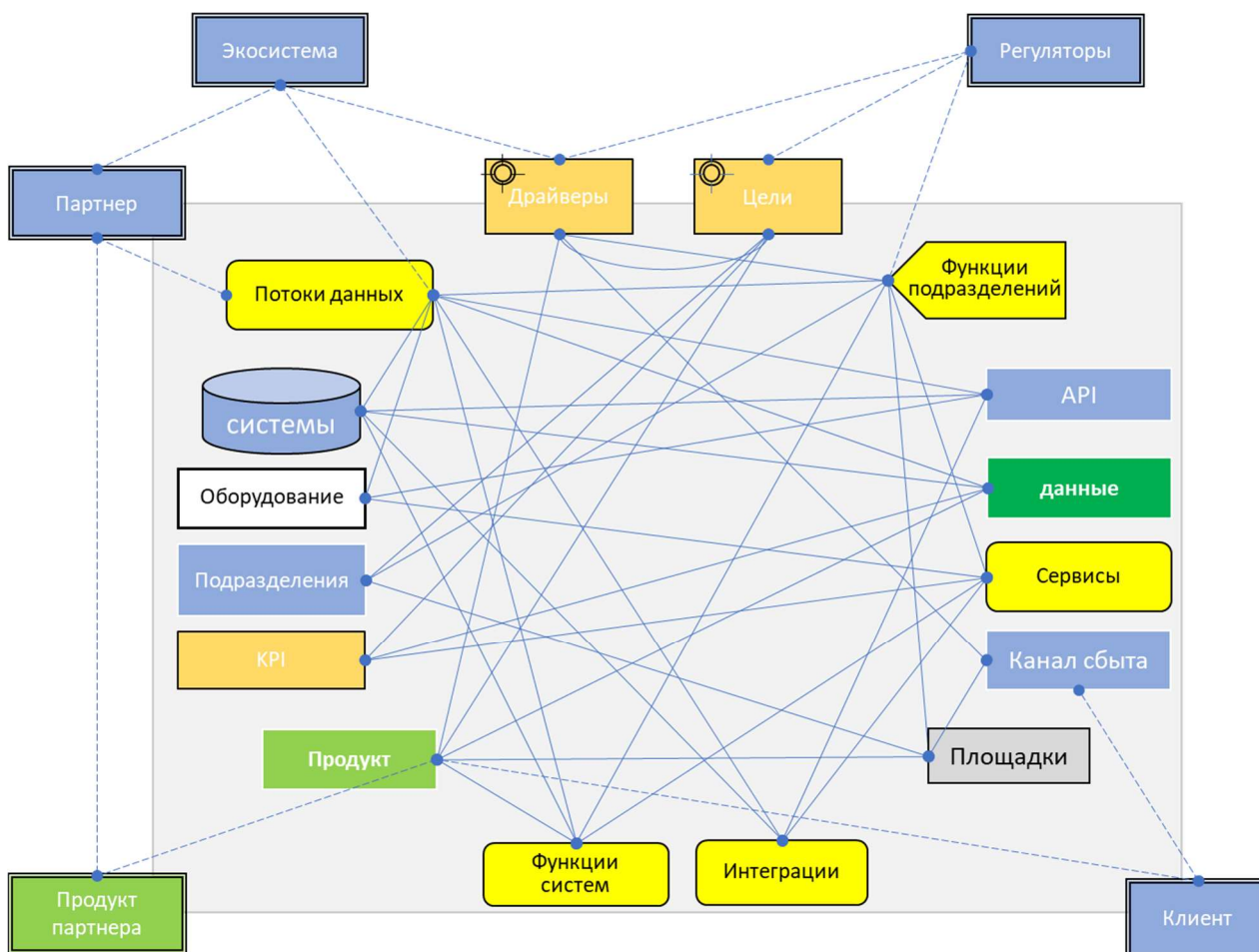


Рисунок 1. Взаимосвязи и влияния компонентов архитектуры

Архитектура увязывает (см Рисунок 1) не только конструктивно-функциональные решения с назначением или свойствами конструкции, но также может идти дальше и исследовать устойчивые умозаключения о контексте, в котором пребывает рассматриваемая система (предприятие), и как из этого контекста было решено породить именно данный состав целей, назначений, подсистем, компонентов, процессов, данных и т.п.

Архитектура тех предприятий, предметом переработки или «материалом» которых является информация (данные), включает в себя описание и набор решений по информации: что считать информацией, как информационные единицы связаны друг с другом, какие методы обработки информации следует применять, в какой последовательности и при каких условиях.

ИТ-архитектура – это составная часть архитектуры предприятия. Термин «ИТ-архитектура» относится, прежде всего, к программным/ прикладным ИТ-системам (а также поддерживающей их инфраструктуре) и в основном отвечает на следующие вопросы: какие функции (сервисы, микросервисы) должны быть у приложений и как они будут распределены между приложения; какую технологию применять: клиент-сервер, SOA, микросервисы; стоит ли переносить интеграции приложений на шину; на каком оборудовании размещать компоненты приложений, какие компоненты вынести в облако и т.п.

Важно понимать, что при всем желании и удобстве трактовать архитектуру (организованность), как статическое свойство предприятия (существующего или будущего), нельзя не признать, что процесс настройки и тюнинга работы всей организации выполняется постоянно, как у каждого отдельного

отдела, так и у всего предприятия в целом, и даже у холдинга, объединяющего несколько различных предприятий. В этом смысле **архитектуру можно и нужно рассматривать** не только как стационарное состояние организованности, но и **как набор транзитных состояний для перехода в будущее.**

Как следует из опыта, организованность не является одноактным действием, а требует целенаправленного и постоянного усилия. В связи с этим обратим внимание на определение архитектуры из акта Клингера-Коэна²:

*Архитектура предприятия – это управленческая инженерная **дисциплина**, представляющая исчерпывающий обзор предприятия, включая стратегическое планирование, организационное планирование, управление взаимодействиями, улучшение бизнес-процессов, управление информацией, знаниями и операциями.*

Но если архитектура – это дисциплина, то естественно, что у нее должны быть и свои принципы, и свои методы, и свое сакральное знание, и конечно же профессионально обученный персонал, способный архитектуру анализировать и трансформировать под меняющиеся нужды предприятия или изменяющиеся потребности рынка.

Хорошая архитектура, с точки зрения бизнеса, – это такой уровень организованности предприятия, который позволяет решать любые задачи предприятия, в том числе совершенно новые и ранее не учтенные в целеполагании. Обычно мы называем такие свойства у систем или явлений словом адаптивность. В контексте данных выше определений, хорошая архитектура есть набор архитектурных решений, воплощенных в жизнь в виде компонентов предприятия (систем, сервисов, микросервисов, интеграций, ролей, процессов, функций, оборудования) – таких компонентов, которые обеспечивают предприятию адаптивность.

При рассмотрении вопросов архитектуры выделяют две кардинально разных фазы: анализ архитектуры (для существующих предприятий) и синтез архитектуры (для новых или трансформируемых предприятий).

² Основано на материалах по Реформе управления ИТ (Information Technology Management Reform Act), принятых конгрессом США в 1996 году и известных также как Акт Клингера-Коэна (Clinger-Cohen Act, CCA). Материалы акта пополняются и обновляются с 1996 и по настоящее время.

2 Анализ архитектуры = анализ предприятия, как целостной системы

На сегодня не существует другой методологии целостного анализа и проектирования предприятия, кроме как «архитектура», а более точно – архитектурирование. Рассмотрим, в чём сущность этого подхода.

Здесь следует обратить внимание на необходимость различать два подхода к ТРАНСФОРМАЦИИ:

Подход №1. Трансформация - это «фазовый» перевод предприятия в качественно новое состояние под условным названием «Цифровое предприятие».

Подход №2. Трансформация – это пребывание предприятия в цикле непрерывных изменений и адаптации, что подразумевает постоянную подстройку предприятия под ожидания потребителей, рынка, участников экосистемы.

Подчеркиваем, что в данной главе излагается подход №1 - целостное проектирование заранее продуманной конструкции предприятия. Это может быть как запуск нового бизнеса с нуля, так и скачок в деятельности существующей организации. Подход №2 – это итеративный подход, цель которого состоит в постепенном изменении предприятия с постоянной коррекцией образа будущего. Одним из вариантов подхода №2 является MVP-подход, основанный на минимальных вложениях в MVP и постепенное развитие MVP по ходу его пилотирования.

Несмотря на разницу в трансформационных подходах 1 и 2, оба они опираются на одни и те же архитектурные модели предприятия.

Прежде всего обратим внимание на различие между реальностью и её моделью. Само предприятие и его компоненты – цели, участники, их деятельность и результаты труда – это реальность. Но решения об этой реальности мы принимаем на основании моделей: языковых, текстовых, графических, имитационных и пр. Архитектура, как и любой другой результат проектной деятельности – это модель³. Модель текущей или будущей реальности. И архитектор работает именно с моделями, создавая их, как реконструкцию настоящего или как замысел будущего. Архитектурные модели имеют свои особенности: они информационные (состоят из информационных элементов) и многослойные. Таким образом, запомним: одному реальному компоненту предприятия соответствует один элемент в модели.

Мета-модель, с которой архитектор должен подойти к своей аналитической работе, представлена на Рисунки 2. Мы не будем подробно комментировать схему, но читатель должен обращаться к ней по мере изучения текущей главы. Из нашего рассуждения очевидно, что на базе одной и той же мета-модели можно построить множество моделей, то есть архитектура репрезентируется не обязательно одной единственной моделью, но любым их количеством, достаточным для решения задачи, стоящей перед архитектором.

³ Этимология слова «Модель» имеет длинную историю, начиная с древнегреческой культуры строительства, где слово модель означало набор измерений, фиксирующих размеры будущего строения. Наиболее близким аналогом к слову «модель» являются «чертеж» и «макет».

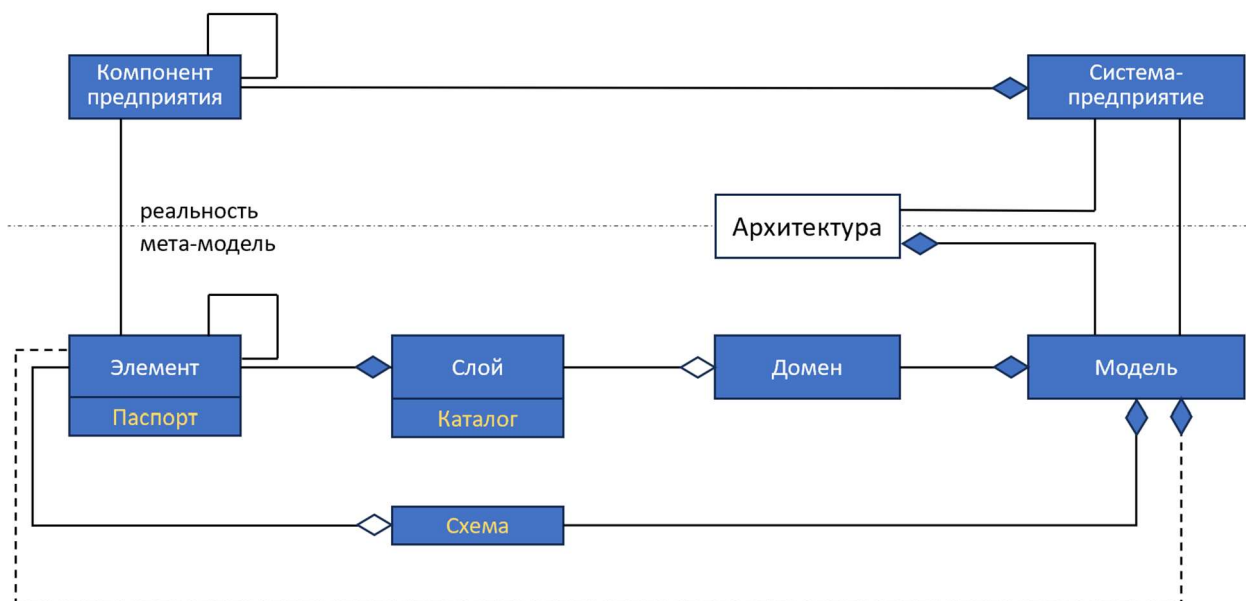


Рисунок 2. Типовая метамодель репозитория архитектуры.

2.0. Декомпозиция архитектурной модели на домены и слои

Так как архитектура (архитектурная модель) предприятия сложна по природе своей комплексности и всеобщего охвата, то её разбивают на области, называемые в профессиональной литературе как домены, аспекты, перспективы и слои. Каждая такая область может иметь собственную упорядоченность (собственную организацию): иерархическую, линейную, сетевую, графовую (или все сразу) – и так как любая область состоит из элементов, взаимосвязей, решений, то можно говорить о наличии у неё собственной архитектуры, архитектуры данной области. Количество и типы областей, выделяемых в архитектуре предприятия, может быть неограниченным; наиболее часто в профессиональное среде используют такие:

- Домен «Стратегия».
- Домен «Контекст».
- Домен или аспект «Мотивация».
- Домен «Деятельность» - любая деятельность, характерная для организации, например оказание услуг или производство продукции. С этим доменом устойчиво связана архитектура процессов или функциональная архитектура.
- Домен «Данные». С этим доменом устойчиво связана архитектура данных.
- Домен «ИТ-Приложения» и связанные с ним архитектура приложений или интеграционная архитектура.
- Домен ИТ-технологий и технологическая архитектура⁴.
- Домен производства и соответственно производственная архитектура.

⁴ Здесь, чаще всего, имеется ввиду «ИТ-инфраструктура, поддерживающая работу информационных технологий».

Приведенные домены можно найти в методических рекомендациях таких известных фреймворков, как TOGAF⁵, Захман⁶, NAF (NATO Architecture Framework), а также в руководстве по языку, наиболее распространенному среди корпоративных архитекторов, - Archimate⁷. Каждый домен состоит из одного и более слоёв архитектуры. Состав слоёв может быть разным – все зависит от того, какая задача решается в текущий момент (см. выше о существенности в определении архитектуры из Стандарта IEEE 42010:2011) и какой аспект моделирования превалирует над другими. Хорошие примеры слоёв даёт TOGAF, где аллегория слоя получила весьма практическое воплощение в виде архитектурного каталога.

Опишем подробнее, из каких слоёв состоят типовые домены корпоративной архитектуры. Обращаем внимание, что организация и учет элементов архитектуры в слоях и доменах выполняется тремя методами:

1. **Каталогизация** элементов – организация коллекций и списков элементов в виде иерархических или плоских реестров. Фактически каждый такой реестр образует один слой.
2. **Графическое отображение** элементов и связей между ними в виде схем или диаграмм. Графические отображения служат иллюстративным целям, но наглядность и выразительность отдельных схем так высока, что часто именно схемы-эскизы являются первым артефактом в цикле анализа или дизайна архитектуры. А потом уже на основании согласованной схемы в соответствующие каталоги вносятся элементы, отображенные на схеме.
3. **Матрицы**. Матрицы – это способ установления отношений между элементами или, иными словами, способ установления связей между элементами архитектуры. Матрицы – это про связи и про их наглядность. В программных инструментах, поддерживающих создание архитектурных моделей, могут быть реализованы другие приемы связывания и трассировки связности, как например, табличные каскады.

Состав и наполнение доменов выбран нами из соображений пропедевтики. В реальных проектах профессиональные архитекторы могут свободно отступать от этой рекомендации.

Илагаемые ниже слои архитектуры основаны на концептах Архимейт версии 3 и выше. Совокупность таких концептов образует DSL архитектурной дисциплины (Domain Specific Language). По-русски мы называем такие языки «птичьими языками», то есть язык профессионального сообщества в определенной области знаний. Цель такого языка – обеспечить общение профессионалов. Поэтому ничего удивительного в том, что многим такой язык будет не понятен, а его освоение требует усилий и даже сертификации.

2.1 Домен №1. Мотивация и стратегия

Данный домен систематизирует (выделяет/находит, каталогизирует, связывает) элементы, которые фиксируют внешний периметр компании и его трансформацию в целеполагание компании. Здесь каталогизируются цели, ограничения и KPI, которыми ежедневно будут руководствоваться все подразделения предприятия. Домен «Мотивация и стратегия» – это граница рассматриваемой системы (то есть предприятия). Обычно в этом домене описывается также всё, что имеем отношение к контексту предприятия. Рассмотрение системы вне контекста ее функционирования считается в системной инженерии бессмысленным занятием.

⁵ <https://www.opengroup.org/togaf>

⁶ Zachman Framework. См. https://en.wikipedia.org/wiki/Zachman_Framework

⁷ <https://www.opengroup.org/archimate-forum/archimate-overview>

Следующие каталоги архитектурных элементов образуют данный слой:

- глоссарий предприятия;
- каталог лиц и сторон, заинтересованных в предприятии;
- каталог драйверов бизнеса (постоянно действующих факторов внешней среды, как например, импортозамещение, цифровизация);
- каталог требований и ограничений (требования регуляторов, законов, стандарты отрасли, требования самого бизнеса к развитию или трансформации);
- каталог целей бизнеса, каталог KPI;
- каталог ресурсов предприятия, каталог способностей (capability) предприятия;
- каталог взаимодействующих с предприятием экосистем, ключевых партнеров или типов партнеров, среди которых могут быть клиентские группы или сообщества;
- ключевые проекты, программы или инициативы;
- каталог рисков.

Это не полный перечень каталогов в домене «Мотивация и стратегия». Полный перечень см. в методичке Open Group® по Archimate® по таким доменам, как «Стратегия», «Имплементация» и по аспекту «Мотивация». У Захмана – Executive Perspective.

Организация каталогов внутри домена может быть различной. Обязательным является представление каталога в виде реестра. Но дополнительно внутри реестра может быть создана иерархия. Так, например, цели иерархичны, а риски и KPI представляют из себя плоские реестры, связанные через матрицы с ресурсами, целями или планируемыми результатами.

2.2 Домен №2. Деятельность

Под деятельностью имеется ввиду любая профильная или непрофильная деятельность организации – производство товаров, оказание услуг, продажи, сбыт и доставка, управление, учет и т.п. В данном домене систематизируется, как работает предприятие, что оно производит и как взаимодействует с клиентами (или гражданами). Наиболее значимыми слоями являются процессы, информация, сервисы (и/или услуги), продукты, подразделения, каналы взаимодействия с окружающей средой.

На основании элементов доменов деятельности и контекста может быть создана бизнес-модель – высокоуровневое представление о сущности организации, которое описывает суть предприятия на одной странице формата А4: кто, что, кому, как, с помощью чего. Ценность такого представления – быстрый взгляд на компанию, выявление движущего паттерна ее организованности.

Каталоги «процессов», «информации» и «подразделений» являются ключевыми каталогами элементов данного домена, так как фактически своими элементами и связями они устанавливают операционную модель предприятия.

Таким образом бизнес-модель и операционная модель являются подмножеством архитектурной модели.

Следующие каталоги архитектурных элементов составляются для данного домена:

- каталог продуктов (в том числе типов продуктов) и/или услуг, как вариант – каталог государственных услуг;
- каталог подразделений и каталог функций подразделений (орг.структура);
- каталог процессов;

- каталог информационных единиц (концептуальная объектная модель данных);
- каталог сервисов, предоставляемых подразделениями предприятия друг другу;
- каталог каналов взаимодействия между бизнесом и клиентами;
- каталог устойчивых взаимодействий (коллабораций) предприятия с внешней средой.

Это не полный перечень каталогов для данного домена. Каждое предприятие самостоятельно определяет, что именно оно будет трактовать как отдельный тип элемента архитектуры (architecture building block), порядок его каталогизации и виды связей с другими каталогами.

Каталог подразделений естественно иерархичен. А каждый процесс организован сложнее – это граф переходов между состояниями бизнеса, который лучше понимается в виде диаграммы-схемы. Очевидно, управление десятками и сотнями процессных диаграмм, каталогами сервисов, функций, подразделений должно выполняться в специализированном ПО. Среди российских систем таковыми являются Business Studio на базе MS VISIO или СиММА.

2.3 Домен №3. Данные

Данный домен систематизирует (выделяет, каталогизирует, связывает) данные, которыми оперирует предприятие.

Данные на предприятии играют все более и более важную роль, а в цифровом предприятии данные рассматриваются уже как основной фактор производства.

Данные также представляют собой основу всех цифровых двойников объектов реальности. Собственно сам слой цифровых двойников на стадии их проектирования может быть размещен в этом же домене, но впоследствии стоит выделить их в отдельный домен, так как каждый цифровой двойник обладает своими методами/функциями, может быть связан с устройствами, датчиками и собственно объектом реальности.

Важность данных и потребность их в структурировании и накоплении за последние 20 лет возросла столь драматически, что на сегодня данные являются первичными, а функции их обработки – вторичными. Увеличился не только объем данных (в десятки-сотни-тысячи раз), но и разнообразие способов их представления. В том числе возникла потребность в работе с неструктурированными данными. По этой причине возросли требования к **управлению данными**. Прежде всего на предприятии возникли архитекторы данных и дата-стюарды по отдельным доменам данных.

Как правило, данные столь сложны, что проектируются в рамках определенного прикладного домена (расчет с потребителем, учет оборудования, отношения с клиентом, отдельный продукт или услуга). Современный этап сложности данных заставляет проектировать их вместе с методами их обработки и даже более того: методы обработки проектируются много раз под возникающие потребности интерпретации сырых массивов данных.

Ценность данных и зависимость предприятия от данных диктуют необходимость различать два типа данных:

- порождаемые предприятием,
- потребляемые предприятием, например, общие данные экосистемы при подключении предприятия к экосистеме или данные, приобретаемые предприятием на биржах данных.

Домен данных может включать не только собственно слой (каталог) данных, но также и системы, которые их хранят, трансформируют, агрегируют, представляют в виде витрин и т.п. Элемент данных характеризуется, как минимум своими атрибутами и связями (ассоциациями) с другими объектами данных. Ввиду сложной сетевой связности данных, в этом слое активно используются различные техники визуализации, как например, диаграмма классов UML, где могут быть отображены не только ассоциации, но и связи наследования, агрегации и композиции.

2.4 Домен №4. Приложения (прикладные системы)

Данный домен систематизирует (выделяет, каталогизирует, связывает) функции прикладных систем, используемых на предприятии. Этот домен часто называют **прикладная ИТ-архитектура** [в противопоставление архитектуре низлежащего (поддерживающего) домена из системного ПО не прикладного назначения]. Этот домен описывает состав и классификацию приложений, с помощью которых осуществляется автоматизация деятельности предприятия (домен деятельности, архитектура деятельности) и обработка потоков информации (домен данных, архитектура данных). Как правило, прикладная ИТ-архитектура содержит каталоги следующих элементов:

- приложения и классификацию приложений;
- сервисы и классификацию сервисов, предоставляемых приложениями;
- функции и классификатор функций, предоставляемых приложениями;
- привязку приложений к основным бизнес-процессам организации;
- каталог взаимодействий (интеграций) между приложениями;
- каталог функциональных требований к приложениям или сервисам. Каждое требование атрибутируется такими параметрами, как критичность для компании, срок реализации, оценка стоимости реализации, заказчик требования и т.п.

Примечание: сами классифицирующие элементы не относятся к архитектуре, но помогают управлять архитектурной моделью.

Прикладная ИТ-архитектура может быть описана не только в виде каталога конкретных приложений, но и в виде абстрактных категорий – классов приложений. Однако такой способ описания архитектуры приложений служит лишь для целей начального погружения сторонних наблюдателей, выработки принципов и подходов в распределении функций между классами приложений, но не используется в ходе дизайна конкретных приложений или их компонентов (функций, сервисов, микросервисов).

Функции описывают иерархическими реестрами, а интеграции – схемами потоков вызовов и потоков данных. Естественно, что для крупного предприятия такие описания не могут быть построены в MS Excel или MS Visio и поэтому для каталогизации, связывания, схематизации и описания используются специальные инструменты класса Enterprise Architect, как например, российская СиММА.

Отдельно стоит упомянуть о связи приложений (прикладных программ) между собой потоками вызовов или данных. Совокупность этих потоков образует каталог интеграций, а вместе со схемами и решениями - **интеграционную архитектуру**. Хороший стиль – формирование реестра интеграционных взаимодействий с паспортизацией каждого такого взаимодействия.

В домене прикладных программ, как правило, работает несколько solution-архитекторов, курирующих проекты развития и интеграции приложений.

2.5 Домен №5. ИТ-технологии (технологическая ИТ-инфраструктура)

Данный домен систематизирует аппаратный и программный фундамент, на котором разворачиваются прикладные ИТ-системы. Согласно Gartner технологическая архитектура состоит из элементов, представленных в следующих шести каталогах:

- сервисы данных (СУБД, хранилища данных и т.д.);
- прикладные сервисы общего назначения (почта, системы коллективной работы, средства разработки и т.д.);
- ПО промежуточного слоя (сервера приложений и другие средства интеграции);
- вычислительная инфраструктура (серверное оборудование, СХД и т.д.);

- сетевые сервисы (локальная и глобальная сетевая инфраструктура, технологии доступа);
- сервисы безопасности.

Примечание: развитие направления кибербезопасности (особенно в цифровых компаниях) всё чаще требует выделения её в отдельный домен с тремя основными слоями: защищаемые активы, уязвимости активов, средства защиты.

Все эти каталоги моделируются в виде реестров. Каждый элемент, помещенный в реестр, паспортизируется. Паспортизация всех элементов архитектуры характеризует качество работы архитектурной группы предприятия. Отсутствие паспортов на элементы архитектуры чаще всего указывает на небрежность работы архитектора и, как правило, ведет к дискредитации работы всей архитектурной практики.

2.6 Домен №6. Производство или производственная инфраструктура

Данный домен систематизирует (выделяет, каталогизирует, связывает) оборудование, линии, здания, материалы, склады и логистические каналы, и другую важную и контролируруемую в масштабе предприятия инфраструктуру производственного характера.

Следующие каталоги архитектурных элементов составляются для данного домена:

- каталог оборудования (расширенный каталогом категорий или типов оборудования);
- каталог материалов (расширенный каталогом категорий или типов материалов);
- каталог производственных площадок;
- каталог физических систем и каталог их взаимодействий;
- каталог сооружений.

Появление в архитектурной практике 6-го производственного домена знаменует этап, когда корпоративная архитектура перестаёт быть исключительно ИТ-шной прерогативой. Это ставит корпоративного архитектора на ранг выше ИТ-архитектора. В полностью цифровых компаниях эта разница может не ощущаться, но таких компаний пока единицы, хотя именно они и задают основной драйв рынку.

2.7 Взаимосвязь архитектурных слоёв

Мы рассмотрели шесть наиболее часто моделируемых архитектурных доменов и несколько десятков слоёв внутри них. Каждый слой - это каталог (могут использоваться синонимы – реестр или регистр, что не меняет их сути – все это упорядоченные множества элементов внутри архитектурного репозитория). Элементы каталогов связаны друг с другом (данные с данными, системы с системами, процессы с процессами и подпроцессами, цели с целями и подцелями, требования с требованиями) – такая систематизация обеспечивает контроль целостности слоя. Но элементы каталогов также связаны и с элементами других каталогов (системы с функциями, цели с процессами, данные с интеграциями)! А это уже обеспечивает целостность всей корпоративной архитектуры и возможность трассировать изменения различной природы: влияние целей на процессы, процессов – на системы, систем – на инфраструктуру и в любом другом направлении, снизу вверх, со стороны в центр и т.д. – см Рисунок 3.

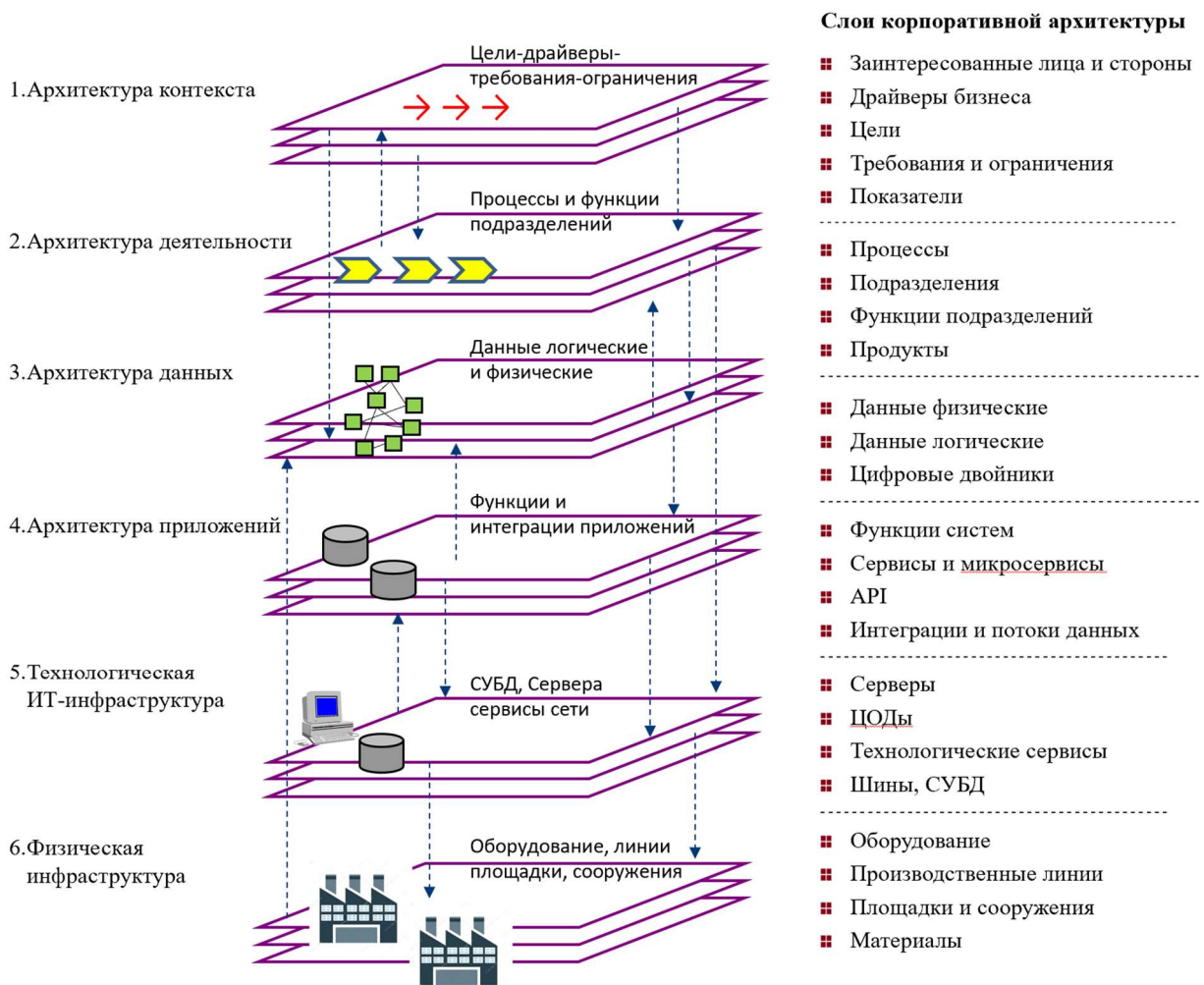


Рисунок 3. Архитектура, как многослойная конструкция.

Стоит еще раз обратить внимание на упоминаемый в этом разделе термин – «элемент слоя», он же «каталогизированный элемент». Что следует запомнить и учитывать:

- Элемент архитектурной модели (architecture building block) – это не только строительный блок в модели, это может быть и часто есть инвентаризованный объект или субъект реальности⁸: система, API-метод, микросервис, прибор, канал связи, подразделение, подразделение, нормативный документ, подразделение, заинтересованное лицо.
- Элемент архитектуры может быть репрезентацией ментального объекта – цели, требования, драйвера, ценности, принципа, интереса или мотива. В таком случае мы должны понимать, что работаем с весьма нестабильными и неоднозначно трактуемыми строительными блоками.
- Элемент архитектуры должен быть паспортизирован независимо от того, отражает он физическое явление/предмет или некую ментальную сущность. Иначе такой элемент будет недолговечным и размытым по своей сути, что чаще всего будет вызывать недоверие к модели или выводам, сделанным на её основе.

Плохая, но повсеместная практика, особенно среди менеджеров, - оперировать абстрактными элементами архитектуры, такими как классы, категории, типы, роли. Если это неизбежно, то от

⁸ В англоязычной литературе по моделированию используются также такие синонимы, как овеществленный или объективизированный.

архитектора требуется маппинг - понимание связи абстрактной категории с реальными сущностями или явлениями предприятия, которые данная абстракция репрезентирует.

Построение моделей из одних лишь абстрактных элементов содействует, как правило, одной цели – быстрое формирование или реконструкция замысла системы-предприятия. Однако такие модели имеют ограниченную востребованность и не будучи приземленными на физические компоненты бизнеса (процессы, функции, сервисы и прочее) они становятся источником заблуждений и почвой для демагогии.

2.8 Когда обоснована такая сложность моделирования?

Тщательно описанная архитектурная модель предприятия является затратным и весьма длительным проектом (как собственно и любое проектирование). Действительно ли это необходимо? Здесь следует снова обратить внимание на врезку с определением архитектуры согласно Стандарту **IEEE 42010:2011**: «архитектура какой-либо системы представляет собой то, что является существенным относительно рассматриваемой системы в ее окружающей среде. **Не существует единственной характеристики того, что является существенным или основным для системы**». То есть архитектор предприятия сам должен решить, какие элементы предприятия являются существенными и будут ли они подлежать тщательному описанию или проектированию. Второй фактор – это стоимость построения модели. Стоимость модели должна оправдывать стоимость решений, принимаемых по ней. Любая ошибка в выборе технологии, бизнес-модели, системы, канала продаж, будущего продукта, партнера или экосистемы, а также неспособность внедрить свой замысел в жизнь обернутся для компании миллионами и миллиардами убытков. Модель должна предсказывать предстоящую сложность реализации и планируемую отдачу нововведений для бизнеса. Модель позволяет проиграть ситуации будущего, лучше его спланировать и даже специфицировать. Таким образом, чем больше масштаб планируемой трансформации и, как следствие, чем больше ресурсов и времени потребуется на ее воплощение в жизнь, тем выше затраты на архитектурирование и тем важнее модель, по которой данную трансформацию будут оценивать. Модель же становится и образом (макетом, чертежом) будущего предприятия. Это направление в системном дизайне получило название Model Driven Architecture и развивается в рамках консорциума OMG: <https://www.omg.org/mda/>.

Следует также различать enterprise-архитектуру и solution-архитектуру. Если первая охватывает все предприятие, то вторая затрагивает одну (реже - несколько) прикладных ИТ-систем, их функции и интеграции. Solution-архитектур на предприятии может быть много (по числу систем или проектов их интеграции). В отношении solution-архитектуры применяются более узкие и специфичные подходы к проектированию, как правило, основанные на опыте более ранних внедрений выбранного типа системы или технологии. В случае крупных трансформаций, особенно подразумевающих смену бизнес-модели, построение архитектуры масштаба предприятия неизбежно.

Рациональный и экономный подход к архитектурированию подразумевает смесь используемых техник и методик, но такой подход пока не имеет под собой методологической основы. В 2018 году консорциум Open Group ввел понятие Minimum Viable Architecture (MVA) в рамках концепции Agile Architecture. MVA определяет минимальный набор архитектурных решений, которые определяют только первые две итерации изменений. Другим экономным выходом для старта трансформации является создание дочерних стартапов: кому из них повезет, тот выживет и экспериментально нащупает архитектуру нового бизнес-направления для материнской компании.

3. Синтез архитектуры

3.1 Архитектура как набор решений

Выше мы рассмотрели аналитическую фазу архитектурного подхода, имеющего целью создать всестороннее и целостное описание на тему, как и почему именно так работает существующее предприятие. Эволюционное изменение архитектуры будет начинаться именно с такого описания. Но когда речь идет о трансформации требуется синтетическое усилие: рекомбинация компонентов предприятия или даже скорее создание новых компонентов с целью проявления новых эмерджентных свойств предприятия – тех свойств, которые соответствуют новым целям бизнеса, целям трансформации.

Архитектура нового бизнеса или архитектура трансформируемого бизнеса – это **набор решений**, которые должны прояснять достижимость определенных целей системы-предприятия – коммерческих, политических, функциональных, эстетических, безопасности и т.д., в том числе с учетом всех ограничений, наложенных на систему, бизнес, изделие или конструкцию.

Архитектурное решение – это решение, согласно которому на предприятии появляется тот или иной компонент (цель, подразделение, функция, процесс, система, объект данных или инфопоток и т.д.) с определенным набором свойств и взаимосвязей (взаимовлияний) – см Рисунок 4. При этом элемент, вплетаясь в систему-предприятие, проявляет не только свои индивидуальные свойства и качества, но и порождает синергетический эффект с другими компонентами, что даёт возможность системе-предприятию в целом проявить свои так называемые эмерджентные свойства.

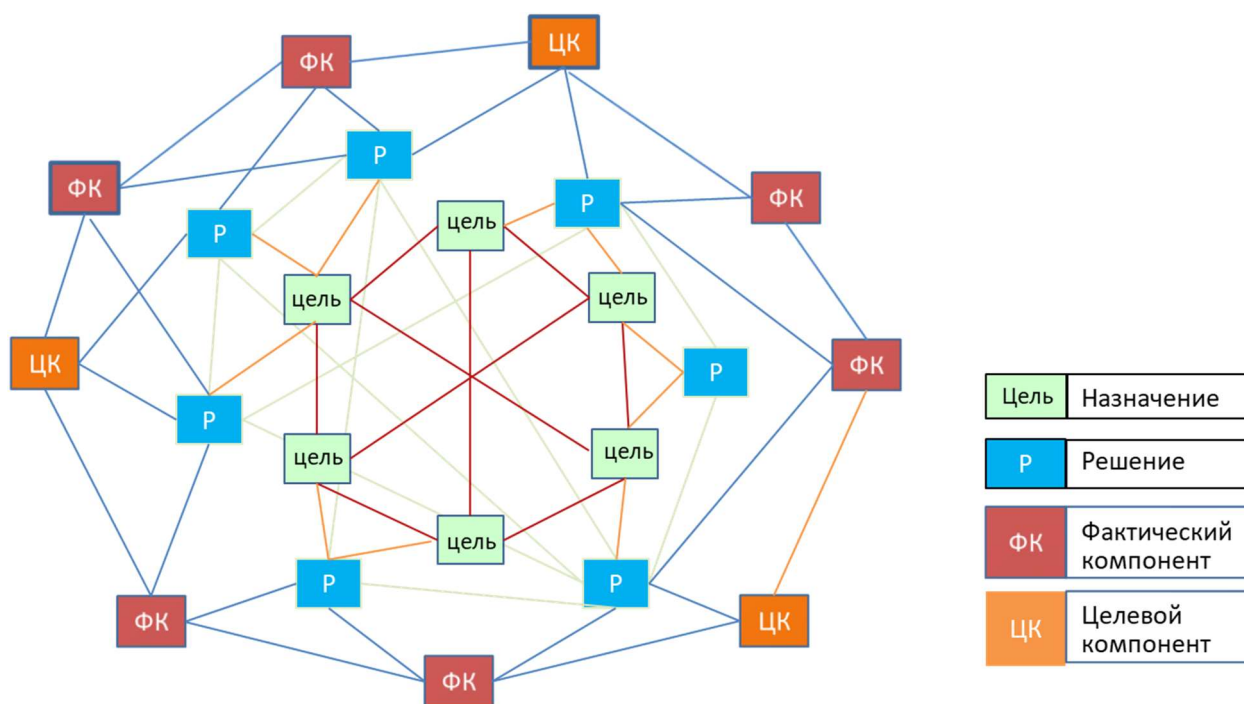


Рисунок 4. Взаимосвязь архитектурных решений с целями и элементами системы-предприятия.

Из чего состоит решение?⁹ Решение состоит из:

- Событий или **причин, или целей**, или состояния, которые побуждают нас к принятию решения. Это может быть драйвер, требование, тренд, изменение внешней среды, действия

⁹ В.В.Годин «Управление информационной системой организации»

конкурента, указание вышестоящего органа, устаревание оборудования или выход его из строя; потеря адекватности действий, функций, подсистем, ранее принятых решений; отсутствие нужной информации или ее низкое качество; снижение эффективности или производительности участка, исполнителя, оборудования; инструкция или регламент, который перестал работать; рост затрат или стоимости владения компонентом; потеря скорости реакции; снижение качества (любых его проявлений); рассинхронизация или потеря координации.

- **Заинтересованных** в решении **лиц**. Заинтересованные лица в свою очередь могут быть разделены на группы: кто принимал решение, на кого оно окажет воздействие, кто будет контролировать исполнение решения.
- **Компонентов предприятия, затрагиваемых решением**. Если это конкретные компоненты предприятия (система, интеграция, функция, подразделение), то решение будет носить характер указаний. Если это абстрактные компоненты, то решение будет носить характер принципа, для разъяснения которого придется дать конкретные указания.
- **Собственно решения** и алгоритма или инструкций по его применению.
- **Обоснование решения**. Здесь могут приводиться любые аргументы, оправдывающие необходимость решения, а также приводится набор рассмотренных альтернатив.

Таким образом, набор решений – это с одной стороны обоснования, которые проясняют достижимость целей (замысел руководства и архитекторов), с другой стороны они являются заданием на реализацию, а после реализации – становятся описанием реализации [так как любое решение корректируется по факту его воплощения в жизнь].

Как архитектор (или архитектурная группа) принимает такие решения? Чаще всего из головы: из своего опыта и ранее полученных знаний. Но если их нет или недостаточно, то используются шаблоны. В чем сущность шаблона: шаблон указывает каким способом следует действовать в той или иной ситуации бизнеса. Шаблон – это обобщение опыта пионеров, изобретателей, первопроходцев. С точки зрения архитектуры, шаблон представляет собой указание на типовой компонент, набор компонентов или связей между ними, реализация которых позволяет предприятию либо исправить текущие недостатки организованности, либо справиться с новыми для предприятия вызовами. Применение шаблонов даёт заранее известный результат определенного типа.

AsIs архитектура не требует шаблонов (разве что описательных). AsIs-архитектура – это инвентаризация текущих компонентов предприятия и реконструкция решений, лежащих в их основе. AsIs архитектура позволяет понять, как работает предприятие сегодня. Многие предполагают, что знают, как работает предприятие, но по факту эти знания слишком абстрактны и совсем не формализованы. Для трансформации предприятия такого качества знаний недостаточно.

ToBe-архитектура – это набор компонентов и архитектурные решения, которые должны привести нас в целевое состояние. Если целевого состояния нет, то нет смысла говорить и о трансформации архитектуры. Некуда её трансформировать. Ибо главная триада архитектора выглядит так: цель(куда)-решение(как)-действие(поехали).

3.2 Методология трансформации

Архитектура предприятия – это многослойная конструкция предприятия, которая методично, целно и с любой степенью детализации описывает предприятие, создает его формализованное описание или модель. Сила архитектурного подхода – строгое и четкое следование принятым формализмам. В этом проявляется борьба системности с хаосом.

Сущность трансформации бизнеса и его архитектуры не отличается от любой другой методологии планирования и контроля изменений:

1. Описать систему или ситуацию, или проблему «как есть».
2. Сформировать образ, модель или решение «как надо».
3. Спланировать переход от «как есть» к «как надо». В случае, если строится новый бизнес с нуля или со стартапа, то пункт 1 отменяется, а пункт 3 несколько упрощается.
4. Реализовать создание нового бизнеса или запуск новой линии бизнеса, или трансформацию существующего и осуществлять контроль за этой трансформацией.

Рекомендованная последовательность фаз трансформационного проекта описана в ADM® (метод внедрения целевой архитектуры согласно TOGAF - см Приложение №1). В чем отличие трансформации архитектуры от ее изменения? Изменение архитектуры системы-предприятия – это исправление единичных подсистем, отдельных процессов, внедрение нового типа оборудования в замену старого – это изменение в пределах одного-двух-трех компонентов в архитектуре предприятия. Трансформация же предполагает изменение сразу в нескольких слоях различных доменов архитектуры: продукты и бизнес-процессы, данные и системы, ИТ-технологии, физическая инфраструктура - причем изменения в различных слоях должны быть синхронизированы друг с другом.

Следует обратить внимание на одну особенность ADM согласно TOGAF: это цикличность трансформации (включая создание транзитных архитектур), причем **центральным элементом этой цикличности выступает деятельность по управлению требованиями**. О чем это говорит? Это говорит о том, что за один цикл трансформации не удастся достичь всех ее целей, то есть не удастся выполнить все требования, поставленные перед группой трансформации. Кроме того, ряд требований может измениться или устареть по ходу внедрения изменений. Это значит, что как только первый/очередной цикл трансформации закончится, за ним тут же непрерывно начинается следующий. В этом и есть суть адаптивности предприятия к окружающим его изменениям в макросреде.

Здесь нужно отметить, что для старта цифровой трансформации нужна конструктивная идея, что именно сделает коммерческую или деловую деятельность цифровой и почему это принесет значимые выгоды всем заинтересованным сторонам деятельности? Внедрение технологических новшеств типа DevOps, Big Data, платформы или создание экосистемы являются лишь формами и инструментами, но не передают суть цифровой деятельности. Сущность же трансформации заключается в таком применении технологий, платформ, моделей, данных, мышления и культуры, которое приводит к ускорению производственных или сервисных операций в сотни и тысячи раз, включая возможность персонализации продукции/сервисов под каждого потребителя, клиента, заказчика или партнера. Как следствие, наблюдается экспоненциальный рост масштабов бизнеса. И в этом проявляется смысл и предназначение архитектурной деятельности: спроектировать организацию для целей неограниченного масштабирования без потери управляемости и качества результатов деятельности.

Цифровая трансформация может начаться и изнутри организации как ее радикальный реинжиниринг, преследующий, например, такие цели как многократное снижение производственных и сбытовых издержек, сокращение площадей, дифференцированное обслуживание, фокусировка на наиболее лояльных потребителях, повышение прибыльности на единицу затрат, снижение зависимости от дефицитных ресурсов.

Но очень быстро организация обнаружит, что многократное увеличение целевых показателей невозможно без целенаправленной перестройки всего окружения бизнеса компании, и ей придется смещать фокус своей цифровой трансформации с внутреннего на внешний.

3.3 Какие изменения происходят в слоях архитектуры в связи с цифровой трансформацией предприятия?

Раздел написан совместно с Владимиром Ананьиним.

Поскольку каждое цифровое предприятие имеет собственные уникальные особенности и цель и, соответственно характерные только для него методы, средства, технологии и инструменты достижения этих целей, то перечислим здесь наиболее часто изменяющиеся компоненты бизнеса. Каждое предприятие должно отобрать те, которые содействуют реализации именно его стратегии и замысла.

Почему мы говорим здесь о стратегии, ведь сама по себе архитектура, будучи моделью, нейтральна по отношению к объекту моделирования. Архитектура нейтральна, но архитектор привлекается или становится необходим именно когда нужны изменения, а значит ему следует понимать в какую сторону и зачем будем изменяться.

Далее в избранных архитектурных доменах мы сосредоточимся только на ключевых изменениях, связанных с цифровой трансформацией организации.

Домен №1. «Стратегия и мотивация».

В этом домене происходит осознание нового масштаба бизнеса, новых рынков, партнеров, заинтересованных сторон, нужных предприятию ресурсов, экосистемы, конкуренции. Постановка новых целей, KPI, формирование новой линейки цифровых продуктов или сервисов, необходимость применения и внедрения новых цифровых технологий. Ключевые акценты трансформации:

- 1) Ключевым отличием цифровой организации от традиционной является то, что **ценность ее продукта основана на данных**. Иногда такой продукт называют цифровым продуктом.
- 2) Цифровой продукт переводит в цифровой формат отношения со своими клиентами и партнерами, включая партнеров и клиентов в качестве равноправных игроков цепочки создания ценности. Связи становятся между ними более плотными и образуют новую форму кооперации – экосистему. Цифровые организации стремятся создать свои экосистемы или включаются в уже созданные. Организации–создатели экосистемы получают максимальную выгоду от цифровизации: их бизнес начинает расти со скоростью роста этой экосистемы.
- 3) У всех цифровых организаций появляется новое качество – высокая инновационность и изменчивость. Источниками изменчивости являются конкуренция между экосистемами, конкуренция между участниками внутри самой экосистемы и постоянные изменения условий, к которым необходимо быстро адаптироваться. Бизнес-результаты цифровой организации теперь начинают больше зависеть не от того, что она как раньше умела эффективно управлять своими ресурсами, а от того насколько быстро она может сама изменяться.

За рубежом. Boeing. *Производственная компания Boeing теперь охватывает полный жизненный цикл самолета: проектирование – производство – сопровождение в эксплуатации. Как следствие рост масштабов бизнеса. Что лежит в основе трансформации:*

- *переход от традиционной бумажной проектно-конструкторской, технологической и эксплуатационной документации на самолет к полному цифровому макету самолета.*
- *Переход к цифровому проектированию самолета позволил создать огромную экосистему из партнеров по всему жизненному циклу самолета. Экосистема Boeing ориентирована на поддержание операционных цепочек проектирования и производства.*
- *Важнейшим участником новой экосистемы стали заказчики самолетов, причем теперь они покупают не самолет, а лишь его лётный ресурс. Это новый продукт, который на*

100% основан на возможности контролировать техническое состояние самолета в ходе его эксплуатации силами самого производителя.

РФ. Сбербанк. *Создание на базе универсальной платформы Сбербанка сервисов по доставке не только финансовых услуг, но и любых других услуг или товаров.*

РФ. Яндекс. *Создание экосистемы доставки пассажиров, товаров, заказов, аренда автомобилей и самокатов.*

Домен №2. Деятельность.

В этом домене происходят наиболее существенные изменения за последние 20 лет:

- 1) Переход к цифровому бизнесу радикально меняет логику бизнес-процессов предприятия и зачастую требует создание бизнес-процессов «с нуля» либо их глубокое перепроектирование.
- 2) Многие операции, как производственного, так и управленческого характера, которые выполнялись с участием человека, максимально замещаются действиями программных компонент (роботов, сервисов и т.п.), с опорой на технологии AI, виртуальной и дополненной реальности и т.п.
- 3) Цифровые продукты позволяют на основе данных создавать принципиально новые цифровые бизнес-модели, ориентированные на сервис. Цифровизация позволяет компаниям даже с материальным производством перейти от модели поставок к сервисной модели.
- 4) Если в традиционных организациях основными объектами управления операционной деятельностью были внутренние бизнес-процессы, то в цифровых организациях – это бизнес-процессы цепочек создания ценности, особенностью которых является их изменчивость. В цифровых организациях стабильные бизнес-процессы – это первые кандидаты на полную роботизацию и автоматизацию с использованием технологий искусственного интеллекта.
- 5) В традиционных организациях партнерам отдавали те работы, которые либо не могли, либо было не выгодно делать самим. Цифровые организации ориентированы на то, чтобы как можно больше работ делать “чужими руками”. В современных экосистемах очень распространена практика, когда сам клиент включается в создание новых продуктов и фактически превращается еще и в партнера.

За рубежом. Boeing. *Яркий пример перехода взаимоотношений с клиентом на новую бизнес-модель: переход от продажи самолета к сервису, то есть продажи его летных часов. Теперь о технических проблемах обслуживания у заказчика больше “голова не болит”. Каждый борт самолета имеет на земле своего цифрового двойника, на котором накапливается вся история его создания и эксплуатации. Каждый борт – это комплекс IoT-устройств. Каждый узел борта как интернет вещь постоянно информирует своего цифрового двойника о текущем состоянии. Предиктивный анализ позволяет выявить проблемы по их предвестникам и оперативно принять решение об обслуживании или ремонте борта на земле. При этом обслуживание борта Boeing проводит руками своих партнёров по экосистеме. Он может оперативно организовать всю логистику по обслуживанию борта так как ему известна технология обслуживания самолета, индивидуальные особенности борта, запасы комплектующих запчастей, загрузка и планы работ каждого участника экосистемы. В Boeing изменчивость пронизывает цепочки создания ценности, охватывающие весь жизненный цикл самолета. Это регулярная работа в кросс-функциональных командах, включающих участников разных организаций. При этом многие сотрудники работают и в рамках регулярных процессов, одновременно участвуют в других проектах и еще постоянно находятся в потоке изменений*

РФ. До-До Пицца. Создание огромной сети пиццерий по всей России и за ее пределами потребовало создать совершенную систему, обеспечивающую логистические потребности компании. Это позволило До-До Пицца не толькократно увеличить свою розничную сеть, но и занять центральное место в доставке ингредиентов для других игроков в сегменте фаст фуда.

Домен №3. Данные.

Данные относятся к центральному компоненту цифровой трансформации предприятия, потому как цифра – это прежде всего данные и возможности их интерпретации. Изменения в этом слое - наиболее кардинальные. В Netflix архитектуру данных относят к наиболее сложному и первостепенному классу архитектурных решений.

Рост возможностей по сбору данных, а также количество генерируемых данных (зачастую неструктурированных) порождает новое явление – большие данные. Для больших данных характерны большие (не ограниченные) объемы хранимых и обрабатываемых данных, большие скорости прироста и обработки данных, большое (не ограниченное) разнообразие типов данных и способов их структурирования. Возникает необходимость в технологиях их накопления, хранения, структуризации, обработки, визуализации. Жесткое структурирование данных уходит в прошлое: данные структурируются в реальном времени под каждую конкретную бизнес-потребность, это требует создания конвейеров обработки.

Приведем наиболее важные технологии и компоненты архитектуры в работе с данными:

- 1) Накопление и хранение – озера данных.
- 2) Обработка данных – map reduce, machine learning, искусственный интеллект.
- 3) Архитектуры конвейеров обработки – Лямбда и Каппа архитектуры.

В проектировании структур данных тоже происходят изменения. Ведущими методами анализа и дизайна становятся DDD (Domain Driven Design) и онтологический подход. Появляется новый элемент архитектуры – цифровой двойник.

Цифровой двойник – это образ, информационная модель, репрезентация объекта или явления (события, процесса, действия) физического реального мира в виде набора данных в информационной системе, а также методы сбора, накопления, обработки этих данных, а также методы воздействия с помощью данных на объект реального мира: посылка команд на объект через предусмотренные у объекта реальности интерфейсы: физический, аудио, свето, электронный.

Цифровой двойник – не просто сложный объект данных. Это узел концентрации требований, функций и методов. Очень часто цифровая трансформация начинается с проектирования слоя цифровых двойников, так как именно здесь и сосредоточена особенность информации, как нового фактора производства.

За рубежом. Boeing. Информационное пространство формируется вокруг одного типа самолета. По каждому типу самолета создается электронный макет изделия, который хранит все данные по всему жизненному типу самолета (данные о конструкции, технологические данные производства и данные о технологии обслуживания типа самолета). На этапе производства появляются конкретные борта самолета, на которые заводятся их цифровые двойники. Теперь каждый борт в эксплуатации будет жить своей жизнью, и его цифровой двойник будет накапливать всю историю, связанную с его эксплуатацией. Источником больших данных являются данные по истории производства, эксплуатации и обслуживания каждого борта, а также огромный поток изменений как на уровне электронного макета типа самолета, так и на уровне его отдельных бортов.

РФ. Каршеринг. Сервисы каршеринга, кикшеринга и велошеринга полностью основаны на цифровом двойнике арендуемого транспортного средства. Провайдер услуги знает о своих

активах всё: где они находятся, в каком техническом состоянии, объем энергии или горючего, оставшегося в транспортном средстве после поездки.

РФ. Яндекс. Будет описано позже.

Домен №4. Приложения (прикладные системы)

В этом слое происходит:

- 1) реструктуризация программного обеспечения в направлении измельчения компонентов программного обеспечения и повышения их автономности в исполнении и взаимодействии, например, микросервисы
- 2) замещение ряда унаследованных систем новым интегрированным решением - цифровая платформа. Цифровая платформа ориентирована на интеграцию данных, прикладных систем и сервисов, работающих с ними пользователей и корпоративных знаний. Она обеспечивает поддержку скоординированной работы неограниченного количества пользователей в едином информационном пространстве экосистемы в условиях непрерывных и плохо предсказуемых изменений. Для материнской организации, создавшей экосистему, цифровая платформа – это главный механизм управления этой экосистемой. Многие развитые цифровые платформы открыты для разработки не только внутренним сотрудникам своих компаний, но и во вне – участникам всей их экосистемы бизнеса. Для этого в платформах предусмотрен механизм маркетплейса, обеспечивающий размещение и интеграцию в платформу сервисов внешних разработчиков.
- 3) Внедрение или обеспечение максимальной интеграционной открытости: все процессы и ресурсы платформы становятся доступны через механизмы OpenAPI. Приложения перепроектируются с учетом облачных возможностей к неограниченной масштабируемости.

За рубежом. Google. Цифровая платформа ориентирована на экосистему 1) оказания интернет-услуг массовым пользователям для поддержания их индивидуальной и групповой работы; а также 2) на широкое привлечение партнеров по созданию и представлению сервисов, расширяющих ценность экосистемы.

Маркетплейс Google Apps, с одной стороны, позволяет существенно расширить каталог базовых прикладных сервисов за счет размещения приложений разработчиков-партнеров, а с другой – реализует бизнес-модель своей услуги по размещению на своей платформе сервисов этих партнеров.

РФ. МТС, Яндекс, Сбербанк, Тинькофф, Гостех, Озон – примеры цифровых платформ, направленных на доставку широкого спектра товаров и услуг.

Домен. №5 Инфраструктура.

В этом домене в цифровых организациях происходит движение в сторону неограниченного масштабирования аппаратных средств в распределенных средах и как следствие - разделяемых технологических ресурсов как облаков. Каждый может получить столько ресурсов, сколько необходимо даже в пиковые часы и заплатить придется только за факт потребления. Надежность инфраструктуры и ее доступность 24x7 становятся безусловным стандартом.

За рубежом. Amazone. Инфраструктура Amazon поддерживает неограниченное масштабирование в сочетании с высочайшей надежностью. Качество инфраструктуры Amazon

позволяет ей не только обеспечивать свое собственное масштабирование и рост, но также предлагать свою инфраструктуру, как отдельных цифровой продукт.

РФ. Ростелеком, Мегафон, МТС, Билайн, Крок – примеры российских бизнесов, чья изначальная бизнес-модель не предполагала предоставление инфраструктуры в аренду.

Домен №6. Производственная инфраструктура.

1. В этом домене повышается доля софтверной составляющей, причем она все больше и больше приобретает черты роботизации и искусственного интеллекта. Вещи и оборудование становятся все более интеллектуальными и автономными и могут взаимодействовать между собой в технологиях IoT, LTE и 5G.
2. В некоторых цифровых организациях создаются цифровые платформы, которые обеспечивают скоординированное взаимодействие не только пользователей в рамках экосистемы бизнесов, но также и устройств, образующих экосистему вещей.

За рубежом. Qualcomm Life, пример. Компания *Qualcomm Life* в области телемедицины создала цифровую платформу, координирующую работу экосистемы, в которую входят люди-пациенты с их индивидуальными медицинскими картами и датчиками (IoT), поставляющими информацию о состоянии человека; клиники с оказанными этим людям услугами; медицинские работники, участвующие в оказании услуг; фармацевтические компании, производящие и поставляющие лекарства; страховые компании с полной информацией по заключенным медицинским полисам и организации отраслевые-регуляторы.

РФ. Проекты «Платон» и «Честный знак» (цифровая маркировка товаров).

3.4 С чего начать?

Если обращение к архитектурной практике весьма осмысленно, есть время и ресурс для такой работы, то рекомендуется начать проектирование сразу в двух направлениях:

- 1) Взяться за полное описание архитектуры предприятия, но не далее, чем на первом-втором уровне абстракции согласно Захману. Это дает возможность достаточно быстро понять весь ландшафт предприятия, идентифицировать наиболее проблемные области, построить дорожную карту дальнейших работ и приоритетов.
- 2) Выбрать для описания и систематизации те слои, которые для наиболее важны для целей трансформации и сделать описание на третьем-четвертом уровне детализации. Это дает возможность сосредоточиться на основных проблемных областях предприятия, где использование архитектурного подхода может принести наибольшую пользу, при этом не распыляя свои усилия по второстепенным задачам предприятия.

Первое направление даёт хорошее представление об организации, используя подход «сверху вниз» (от общего к частному). Второе направление улавливает ценные детали устройства предприятия, используя подход «снизу вверх». Детальное исследование архитектуры наиболее часто начинают со следующих четырех слоёв: процессы, данные, функции приложений, интеграции (поток данных). Эти четыре слоя образуют операционное ядро современной компании (для начала, особенно не в цифровых компаниях, выбирается три слоя) – см. Рисунок 6.

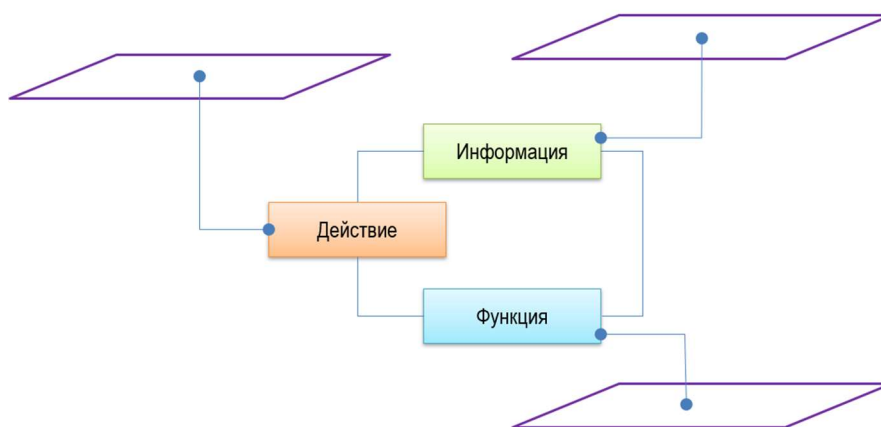


Рисунок 5. Операционное ядро предприятия.

В зависимости от текущих проблем предприятия операционное ядро архитектуры обогащается каталогизацией и связями с другими слоями, где архитектор видит дезорганизацию или отрицательное влияние на всю бизнес-систему.

Восстановив текущее описание архитектуры, архитектор в кооперации с менеджментом может начать осмысление ранее принятых решений, на сколько они соответствуют новым целям?

В тех случаях, когда старт трансформации может быть начат с создания MVP, необходимо начать описание того его окружения, которое необходимо для минимального старта. Такой подход, как минимум, будет экономически наименее рискованным, но есть также большие шансы потерять долю перспективного рынка в пользу более решительных игроков.

4 Методологии для построения архитектурных моделей

Язык описания (язык моделирования) архитектуры очень важен. Его должны понимать все участники проектирования, включая менеджмент. Не будем углубляться в различие между языком моделирования и нотацией, примем между ними равенство.

Существует несколько языков моделирования архитектуры предприятия и стоящими за ними нотациями, как способом визуального выражения языка.

Archimate[®] - язык описания архитектуры, развиваемый консорциумом Open Group. В настоящее время этот язык является лидером среди других языков, в том числе за счет его гармонизации с языками от консорциума OMG: UML и процессной нотацией BPMN.

Если TOGAF – это методология описания архитектуры, то Archimate – это нотация, предназначенная для построения архитектурных моделей, то есть для описания архитектуры в виде ее моделей. Методические положения по Archimate в ряде аспектов опережают TOGAF, но Open Group постоянно занимается выравниванием этих двух стандартов.

Среди российских инструментов поддержку Archimate с 2021 года поддерживает СиММА (Система Многослойного Моделирования Архитектур).

ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) - язык и нотация, изначально предложенные в одноименном программном продукте ARIS. Позволяет описывать процессную, функциональную, продуктовую, организационную составляющие архитектуры. Несмотря на широкие возможности инструментальной среды ARIS, в наблюдаемой архитектурной практике корпоративных архитекторов ARIS используется редко. Основная причина – методология ARIS принадлежит одной компании и не имеет подпитки от инженерных или ИТ-сообществ, объединяющих практиков со всего мира. Ну и как следствие монополии на методологию, цена продуктов от ARIS оправдана лишь для предприятий-гигантов. В связи с политикой импортозамещения в России стоит обратить

внимание на те программные инструменты, которые данную нотацию поддерживают: Business Studio (с использованием движка MS Visio) и Sila Union.

IDEF (Integrated Computer Automated Manufacturing Definition) – семейство нотаций моделирования, которое возникло в середине 70-х годов в США. Стандарты этого семейства могут быть использованы при построении моделей архитектуры бизнеса, архитектуры данных и прикладной архитектуры. Полной реализации семейства IDEF в российских программных продуктах на конец 2023 года не было, в отдельных продуктах можно встретить только IDEF0, используемую для построения процессных моделей.

5. Архитектор предприятия

Для контроля и развития архитектуры предприятия появилась новая роль (должность) - архитектор предприятия. Он отвечает за создание, развитие, актуализацию корпоративных архитектурных моделей. На больших предприятиях в связи с множественностью и сложностью архитектурных моделей существуют отдельные подразделения, объединяющие таких архитекторов. Архитектор предприятия должен обладать системным подходом, аналитическим мышлением, широкой эрудицией в области корпоративного управления, бизнес-процессов, ИТ и технологических процессов. Архитектор предприятия должен уметь понимать проблемы и предметную область бизнеса и объяснять их техническим специалистам, а также владеть принципами современных технологий и объяснять их возможности представителям бизнеса. Области компетенции архитектора предприятия показаны на Рисунке 6.

Архитектурный процесс на предприятии ввиду его высокой цифровой насыщенности должен осуществляться в кооперации с CIO, CDO, CTO и конечно же CDO.

В тех случаях, когда инжиниринг предприятия еще не институализировался как деятельность конкретного подразделения, архитектор предприятия возглавляет или входит на равных правах в коллегиальный орган, как-то «архитектурный совет» или «архитектурный комитет». В таком случае проектирование и развитие архитектуры выполняется на проектной основе, как серия спланированных изменений в разных частях бизнеса, имеющих целью вывод предприятия на путь непрерывной трансформации.



Рисунок 6. Архитектор предприятия

Приложение №1. Полный цикл создания новой архитектуры согласно TOGAF®

В полной мере процесс планирования и изменения архитектуры предприятия нашел отражение в методологии TOGAF® от консорциума Open Group®¹⁰. Другие методологии, как например, GERAM или NAF (NATO Architecture Framework) придерживаются аналогичного подхода, NAF держит курс на гармонизацию с TOGAF® для целей международной кооперации крупных компаний и ведомств.

The Open Group Architecture Framework ¹¹ (TOGAF®) есть де-факто стандарт на описание архитектуры предприятия, который может использоваться любой организацией, разрабатывающей собственную архитектуру. В настоящее время актуальна версия 10 (материал подготовлен на базе 9.2).

В основе TOGAF лежит метод ADM (Architecture Development Method). ADM подробно описывает пошаговый итеративный процесс трансформации предприятия. Основные фазы процесса приведены на Рисунок 7.

ADM подчеркивает цикличность, повторяемость шагов (в смысле итеративности цикла ADM), связь между фазами и центральной деятельностью, пронизывающей все фазы - управление требованиями бизнеса. Управление требованиями работает с любыми видами требований, особенно с требованиями новых функциональных возможностей и изменений бизнеса. И поскольку требования постоянно изменяются, деятельность по управлению требованиями ведется на протяжении всего жизненного цикла архитектуры предприятия.

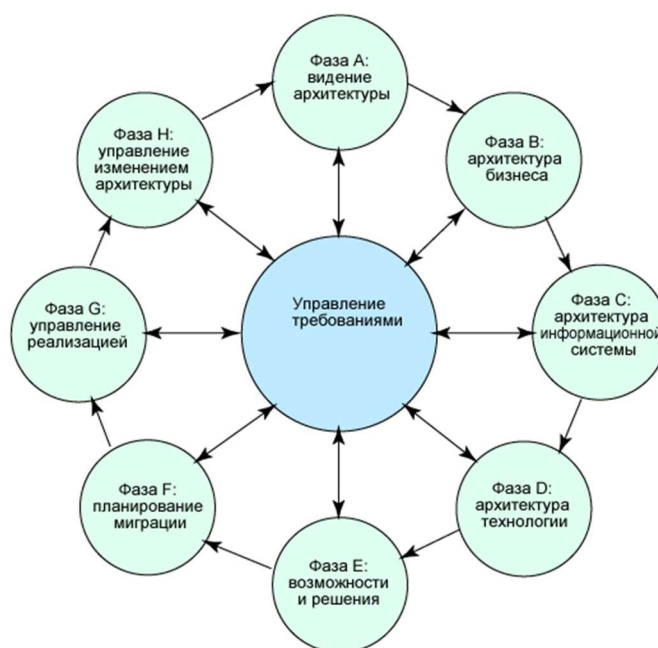


Рисунок 7. Основные фазы TOGAF.

Процесс разработки архитектуры (ADM) состоит из девяти фаз:

1. **Подготовительная фаза:** подготовительная деятельность, направленная на выявление бизнес-требований для целевой архитектуры предприятия («как должно быть»), формулирование архитектурных принципов, адаптацию методики под особенности предприятия, выбор средств описания архитектуры.

¹⁰ Сайт TOGAF - <http://www.opengroup.org/togaf/>

¹¹ Термин framework можно перевести как «рамочная модель» или «каркас», подразумевая под этим логическую структуру для классификации и организации информации о сложном явлении или системе.

2. **Фаза А: Архитектурное видение** — начальная фаза цикла разработки архитектуры. Здесь идентифицируются заинтересованные лица, формируется видение того, какой должна быть архитектура предприятия, утверждается видение и план работ.
3. **Фаза В: Архитектура Бизнеса** — разработка бизнес-архитектуры предприятия. Описание существующей бизнес-архитектуры и формирование целевой.
4. **Фаза С: Архитектура информационных систем** — разработка архитектуры данных и архитектуры приложений. Описание существующих архитектур данных и приложений и формирование целевых.
5. **Фаза D: Технологическая Архитектура** — описание существующей технологической архитектуры и формирование целевой.
6. **Фаза E: Исследование вариантов реализации архитектурных решений**, предложенных для построения целевой архитектуры предприятия. Это база для начального планирования реализации, выбор возможных решений из имеющихся альтернатив и ограничений.
7. **Фаза F: Планирование перехода к целевой архитектуре** — формирование последовательности подробных переходных архитектур и разработка плана миграции.
8. **Фаза G: Управление построением целевой архитектуры и ее контроль** – формирование системы руководства преобразованием архитектуры предприятия (Implementation governance), которая предполагает создание «Совета по архитектуре», стратегии контроля и оценки прогресса преобразований.
9. **Фаза H: Управление изменениями** — процедуры для управления и контроля целостности всех внедрений и преобразований на предприятии.

Каждая из девяти фаз разбивается на «подэтапы», отдельные работы, которые необходимо выполнить, и содержит перечень входных и выходных документов, средства для оценки этих выходов, требования к персоналу, участвующему в моделировании и построении архитектуры.

На сегодня методология TOGAF является цельным и подробным руководством для формирования и развития архитектурного процесса на предприятиях и используется во многих организациях в разных странах мира. Согласно википедии, 40 из 50 ведущих корпораций мира адаптировали TOGAF в своем бизнесе, то есть создали производные фирменные методологии для поддержки архитектурной практики собственного бизнеса.

Приложение 2. Стандарты архитектуры предприятия в переводе на русский

Стандарты архитектуры предприятия определяют понятия, концепции, основные подходы, требования, применяемые для анализа и развития предприятия, как сложной системы. Минимум три стандарта, относящихся к архитектуре предприятия, переведены на русский язык и их следует принять к рассмотрению:

- ISO 14258:1998 (с изменениями от 2000 г.)
- ISO 15704:2000.
- ГОСТ Р 57100—2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011

Стандарт ISO 14258 – «Промышленные автоматизированные системы. Концепции и правила для моделей предприятия» (Industrial automation systems—Concepts and rules for enterprise models) появился в 1999 г., а в 2008 г. его перевод был принят как ГОСТ Р¹². Переиздан в январе 2019 года.

В стандарте содержатся концепции и правила для моделирования предприятий с целью обеспечения более эффективной интеграции элементов предприятия. Стандарт отмечает

¹² ГОСТ Р ИСО 14258-2008 - <http://www.gosthelp.ru/gost/gost48408.html>

необходимость системного подхода к предприятию, что подразумевает необходимость рассматривать каждый компонент в архитектуре предприятия как самостоятельную систему, к которой применимы те же самые правила архитектурования, как и для предприятия в целом.

Стандарт подчеркивает, что при моделировании могут использоваться различные уровни абстракции, что подразумевает образование иерархии абстракций: элементы моделей на высоком уровне абстракции должны трассироваться в элементы и моделей более низких уровней абстракции и до конкретных физических элементов системы (структурных и поведенческих), которые уже не являются моделями, а скорее инвентаризацией фактической реальности. В модель включаются не все элементы реальности, а лишь существенные и важные для целей моделирования.

Стандарт ISO 14258 определяет только общие правила для моделирования и построения архитектуры предприятия. Стандарт не устанавливает процесс моделирования предприятия, а создаёт основу, с помощью которой могут разрабатываться стандарты в области моделирования предприятий там, где они необходимы.

Стандарт ISO 15704 «Промышленные системы. Требования к стандартным архитектурам и методологиям предприятия» (Industrial automation systems. Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies). Стандарт ISO 15704 появился в 2000 году и закрепил основные положения современного подхода к архитектуре предприятия. В 2008 г. перевод этого стандарта был принят как ГОСТ Р. С учетом его положений в 2006 году был выпущен стандарт ISO 19439 «Enterprise integration — Framework for enterprise modelling» (Интеграция предприятия – Рамочная структура для моделирования предприятия).

Стандарт ISO 15704 предназначен для определения требований к архитектурам и методологиям предприятия. Его цель — определить требования к архитектурной модели и архитектурному процессу, обеспечивающие полноту архитектурной модели для текущих и стратегических целей предприятия и интеграции его частей в единое целое.

Стандарт ориентирован как на людей, так и на технологии и предостерегает от рассмотрения интеграции только на уровне информационных систем и систем управления. Проблемы интеграции могут быть связаны с определением миссии компании, производственной деятельностью, производством продукции и оказанием услуг, человеческим фактором и организационной структурой.

В соответствии со стандартом ISO 15704 архитектура предприятия в первую очередь основана на обобщенных элементах (глоссариях, метамоделях и др.), обеспечивающих целостность представлений предприятия, а также на общих принципах и процедурах. Стандарт определяет следующие базовые компоненты архитектурных моделей:

- языки моделирования;
- общие элементы – словари, метамоделли;
- частные модели – повторно используемые модели, справочные (референтные) модели;
- конкретные модели;
- инструменты, в частности, ПО;
- модули, в частности, средства, обеспечивающие интеграцию.

Стандарт ГОСТ Р 57100—2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011 «Описание архитектуры».

Стандарт подготовлен Подкомитетом 7 «Системная и программная инженерия» совместного Технического комитета ИСО/МЭК СТК 1 «Информационные технологии» в сотрудничестве с комитетом по стандартам системной и программной инженерии Компьютерного общества ИИЭР в соответствии с соглашением о партнерском сотрудничестве в организации разработки стандартов между ИСО и ИИЭР.

Сложность искусственных систем достигла беспрецедентного уровня. Это открыло новые возможности и вместе с тем привело к усложнению проблем для организаций, которые создают и

используют такие системы. Чтобы помочь управлению сложными системами, с которыми столкнулись заинтересованные стороны, все чаще применяются понятия, принципы и процедуры процесса архитектуризации.

Осмысление архитектуры системы, выражаемой в описании архитектуры, способствует пониманию системной сути и основных свойств, имеющих отношение к ее поведению, составу и развитию. А они, в свою очередь, воздействуют на интересы, например такие, как выполнимость, полезность и сопровождаемость системы.

Стандарт обеспечивает основную онтологию для описания архитектуры.

Следующие важные определения вводятся стандартом:

- процесс архитектуризации (architecting): процесс понимания, определения, выражения, документирования, взаимодействия, соответствующей сертификации при реализации, сопровождении и улучшении архитектуры в жизненном цикле системы;
- architecture framework: условности, принципы и практики для описания архитектур, установленные в пределах заданной области применения и/или объединения заинтересованных сторон;
- интерес (системы) (concern): польза или проблемы в системе, относящиеся к одной или нескольким заинтересованным сторонам;
- окружающая среда (системы) (environment): контекст, определяющий параметры и обстоятельства всех воздействий на систему;
- заинтересованная сторона (stakeholder): индивидум, команда, организация или их группы, имеющие интерес в системе.

Архитектура какой-либо системы представляет собой то, что является существенным относительно рассматриваемой системы в ее окружающей среде. Не существует единственной характеристики того, что является существенным или основным для системы; такая характеристика может принадлежать любому из следующего:

- системным компонентам или элементам;
- тому, как системные элементы устроены или взаимосвязаны;
- принципам организации системы или проекта;
- принципам, управляющим развитием системы в ее жизненном цикле.

Описания архитектуры используются для того, чтобы выразить архитектуру рассматриваемой системы. Обоснование архитектуры, согласно стандарту, регистрирует разъяснения, оправдания или рассуждения о причинах принятых архитектурных решений. Обоснование может включать методологические основы для решения, альтернативы и учет рассматриваемых компромиссов, потенциальные последствия решения, цитирование источников и прочее.