

Архитектурирование предприятия

... для трансформации, цифровизации и не только в угоду моде.

Оглавление

Архитектурирование: мода или насущная необходимость?	3
1. Понятие архитектуры	4
2. Анализ архитектуры = анализ предприятия, как целостной системы	8
2.0. Декомпозиция архитектурной модели на домены и слои	9
2.1 Домен №1. Мотивация и стратегия	11
2.2 Домен №2. Деятельность	11
2.3 Домен №3. Данные	12
2.4 Домен №4. Приложения (прикладные системы)	13
2.5 Домен №5. ИТ-технологии (технологическая ИТ-инфраструктура).....	14
2.6 Домен №6. Производство или производственная инфраструктура	15
2.7 Взаимосвязь архитектурных слоёв	15
2.8 Когда обоснована такая сложность моделирования?.....	17
3. Синтез архитектуры	18
3.1 Архитектура как набор решений.....	18
3.2 Методология трансформации.....	20
3.3 Какие изменения происходят в слоях архитектуры в связи с цифровой трансформацией предприятия?	22
3.4 Предприятие на «цифровом пути».....	28
3.5 С чего начать?	28
4. Методологии для построения архитектурных моделей.....	29
5. Архитектор предприятия	31
Краткие выводы.....	32
Рекомендованная литература.....	32
Приложение №1. Полный цикл создания новой архитектуры согласно TOGAF®	33
Приложение №2. Стандарты архитектуры предприятия в переводе на русский	35

Бизнес-сообщество и промышленные компании за последние 100 лет уже пережили ряд трансформаций, основанных на технологических или управленческих достижениях цивилизации: коллективизация, механизация, электрификация, индустриализация, роботизация, 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 (например, сервисные или иные функции органов государства). Новым фактором фундаментальных изменений является «цифра» и поэтому мы говорим о новом виде трансформации – цифровой (возможно, это уже позади и новым фактором является AI/ИИ¹). Трансформация подразумевает необходимость коренным образом изменить не только производство продуктов (сервисов), но и методы их доставки потребителю, а также взаимодействие предприятия или учреждения с поставщиками, клиентами, внутренними сотрудниками, партнерами. Трансформация может подразумевать вывод на рынок новых продуктов, сервисов или иной ценности, востребованной потребителем.

Факторы производства – это та часть ресурсов, которая реально вовлечена в производство экономических благ. Традиционно к ним относили **труд, землю и капитал**. По мере развития производства, земля уходит на второй план, добавляются **средства труда** (инструменты, оборудование) и **материалы**. Позднее добавлены **предпринимательские способности и информация**. Теперь мы добавляем **цифру** в различных ее проявлениях:

- цифра – это форма представления информации, теперь это основная форма и мы в 90% случаев можем говорить о равенстве «информация = цифра».
- если информации много, то ее обработка уже не может осуществляться персоналом, на смену ему приходят цифровые (программные) агенты (или роботы), и таким образом мы получаем полностью или почти цифровые процессы. Очевидно, что происходит замена человеческого труда путем его цифровизации. Предпосылки и успехи такой замены уже наблюдались в ходе ИТ-шной автоматизации на протяжении последних 30 лет.
- цифровые продукты еще не доминируют, но уже занимают существенную долю в потребительской корзине физлиц и бизнеса: банкинг, покупки, аренда отелей, игры, мониторинг, охрана, 3D, беспилотный транспорт и т.д.
- цифра – это средство и среда для коммуникации. И даже для социализации.
- цифровой двойник (человека, агента, оборудования, здания, процесса) – это теперь естественная прослойка между агентом управления и агентом действия.
- цифра – это еще и модель реальности. Мы все чаще полагаемся на цифровые модели, так как они куда более точны, чем словесные модели или чертежи. Модели также служат инструментом снижения сложности или посредником между человеком и реальностью.

Если обычные изменения затрагивают один процесс, одну систему или одно подразделение, то трансформация подразумевает изменение всех видов деятельности предприятия, причем одновременно. Это создает чрезвычайно высокий уровень сложности, с которым текущие коллективы менеджеров зачастую сталкиваются впервые. Во-первых, нужно осознать, с чем мы подошли к точке трансформации, во-вторых, нужно спроектировать целевое состояние организации во всех аспектах ее организованности: что делаем, как делаем, зачем делаем, что производим, какую ценность потребителя удовлетворяем, как видим рынок, какие технологии будем использовать, к какой экосистеме примкнуть или не стать ли самим в центре экосистемы.

¹ Однако ИИ без оцифрованных и преобработанных данных не имеет значения, являя собой нечто иное, как продвинутую версию электронного попугая.

Зачастую сложность предстоящих изменений такова, что ставится даже вопрос, что делать с текущим бизнесом: трансформировать его или начать строить новый бизнес рядом «с нуля»?

Важное замечание: цифровые трансформации не являются единственным поводом для обращения к архитектурной практике. Любые комплексные изменения, как например, внедрение АСУ ТП или SAP R/3, импортозамещение, достижение технологического суверенитета (да и не только технологического) – все это виды трансформаций. Сокращение населения и реакция государств на эти сокращения – это тоже фактор и повод для трансформаций. Но в этой статье мы будем делать акцент на цифре, вдумчивый читатель сам сообразит, что именно следует изменить под его специфические задачи.

Архитектурирование: мода или насущная необходимость?

Трансформации (какими бы они не были) неизбежны и мы столкнемся с ними еще не раз по мере прогресса человечества. Трансформация есть вид изменения и мы хотели бы делать такие изменения последовательно, системно, методично. Таким образом, методология изменения насущно необходима. Но где взять такую методологию?

Ранее, 20-30 лет назад, подобного рода задачи решались в рамках деятельности под названием инжиниринг или организационное развитие. То есть мы этим занимались всегда, правда в существенно меньшем масштабе, реактивно к складывающимся обстоятельствам и не придавая особого значения роли ИТ. Иногда это проходило под флагом «управление изменениями». Основной акцент уделялся людям, компетенциям, организационным структурам, показателям. Скорость изменений была столь не высокой, что деятельность по их реализации носила вялотекущий функциональный характер. Но в начале XXI века многие бизнесы вступили в фазу комплексных и кардинальных изменений отраслевого и даже мирового масштаба, связанных с глобализацией продаж, разделением труда и кооперацией производств, индивидуализацией продуктов и услуг, ускорением процессов, созданием гибких производственных линий, автоматизацией процессов, повышением роли информации и превращению ее в фактор производства.

Это не рядовые и не тривиальные изменения! Их сложно совмещать с текущей деятельностью предприятия, а ряд изменений не подконтрольны нам, так как приходят не изнутри, а из вне предприятия! Поэтому потребовалась модернизация практик организационного инжиниринга и, как следствие, возникла новая дисциплина, новая терминология и методология, а также их профессиональные носители.

Все это объединилось вокруг нового термина – архитектура².

Архитектура – результат деятельности по архитектурированию. **Архитектурирование**³ - **новый глагол** в русском языке, указывающий на деятельность по созданию или изменению архитектуры. Более естественно в русском языке звучит «архитектурный подход к инжинирингу предприятия» вместо английского «to architect».

Архитектурный подход объединяет и гармонизирует любые бизнес-инициативы предприятия: смена бизнес-модели, запуск нового канала продаж, внедрение новой ИТ-технологии, роботизация процессов, модернизация инфраструктуры, реализация новой стратегии и т.д.

Совершенно очевидно, что не только трансформация является поводом для обращения к архитектурному подходу. Любое крупное предприятие на сегодня является наслоением практик, технологий, методологий, новых проектов и заброшенных инициатив. Ряд предприятий теряют

² Конечно, сам термина «архитектура» насчитывает более 2000 лет, но даже в строительстве он потерял былое значение: эстетическая коннотация термина возобладала над инженерной денотацией.

³ В стандарте ГОСТ Р 57100—2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011 «Описание архитектуры» использовано слово «архитектуризация».

свою управляемость не только под напором факторов внешней среды, передела рынков и конкуренции, но также в результате смены управленческих команд, слияний и поглощений.

И конечно же цифра вносит в управление и реорганизацию предприятия серьезный вызов. Он заключается в том, что цифровые феномены сложно потрогать, сосчитать, классифицировать, оценить, учитывать, развивать, утилизировать. Цифровые активы, процессы, двойники, информацию, услуги, продукты и взаимодействия можно лишь моделировать (представлять в виде моделей). Причем... моделировать в цифровом виде. Но где этому учат?

Архитектура приходит в нашу жизнь в виде моделей, а модели сегодня создаются только в цифровом виде! Это, однако, не значит, что архитектуру следует называть цифровой. Сегодня практически всё создается в виде цифровых моделей: от новых платьев и упаковки до вертолетов, зданий, роботов и ракет. И это не только потому, что все инструменты проектирования на сегодня являются программными продуктами, но и потому, что сложность наших замыслов уже невозможно вместить или отразить в виде презентации PowerPoint или излюбленных документов типа MS WORD.

Давайте разберемся, что есть архитектура, архитектурирование и архитектурный подход, как это работает в интересах инжиниринга и реинжиниринга корпораций.

1. Понятие архитектуры

Итак, трансформация, как комплексное изменение – это сложный проект, который должен ответить на вопросы, что менять, как менять, зачем менять и какую отдачу это принесёт предприятию. Чтобы понять объект изменения или объект трансформации, его нужно каким-то понятным образом представить (выразить), будь то текущее состояние предприятия, которое предстоит трансформировать, или будущее состояние, или новый бизнес, который предстоит построить.

Представление объекта трансформации может быть выражено через его архитектуру. Здесь под термином «архитектура» подразумевается формальное и комплексное описание (чаще всего – в виде модели) текущего или будущего состояния организации, позволяющее на основании этого описания (модели) сделать различные выводы для заинтересованных лиц из состава руководства и даже для самих проектировщиков.

Такая трактовка термина подчеркивает, что результатом архитектурирования является модель, а значит трансформация – это трансформация моделей: текущей модели предприятия в будущую. Это означает, что успех трансформации зависит от качества моделирования, а планировать трансформацию может и должен делать специалист в этой области - архитектор. Следующее определение подчеркивает не только сущность необходимого моделирования, но также подразумевает ожидаемые от архитектора компетенции.

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.

Как должны контролироваться эти решения, как они учитываются, как они воплощаются в жизнь? Ответы на эти вопросы даёт архитектурная дисциплина в виде набора знаний, методов, руководств и складывающегося опыта (практики) деятельности в области архитектурирования.

Таким образом архитектура (и архитектурирование) 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.

Как следствие этой многоаспектности⁴, существует около десяти определений архитектуры, подчеркивающих ту или иную ее грань. Приведем наиболее цитируемые понятия и рассуждения, которые будут лежать в основе нашего дальнейшего изложения.

В соответствии со стандартом IEEE 1471-2000 архитектура определяется следующим образом⁵:

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].

Хотя архитектура может относиться к любому явлению реальности, чаще всего предметом архитектурирования является то, что имеет свойства системы. Предприятие является, несомненно, одной из самых сложных систем окружающего нас мира. Чем больше и сложнее предприятие, тем важнее для него понимание своей системности, 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: <http://docs.cntd.ru/document/1200139542> (Стандарт ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011). Краткие заметки по стандарту с учетом выхода в 2022 году новой его версии смотри в Приложении 2.

Как понять и исследовать организованность? Любая система для целей снижения её сложности разбивается на компоненты. Именно через эти компоненты и их связи архитектуры описываются (моделируются) и различаются. Основными видами компонентов являются структурные компоненты, а именно: подразделения, группы, ИТ-системы, базы данных, станки, конвейеры, офисы, склады (и так далее), но также 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).

⁴ Слово «аспект» здесь было бы лучше заменить русским словом «ипостась», которое, к сожалению, не прижилось в светском и инженерном дискурсе.

⁵ IEEE 1471 - <https://standards.ieee.org/standard/1471-2000.html>

Структурные и поведенческие компоненты – это еще не весь арсенал архитектора. В поле анализа и дизайна входят компоненты самой различной природы: цели, каналы взаимодействия, заинтересованные и влияющие лица, их интересы, требования, решения, принципы, драйверы – все, что может быть выделено как отдельный рассматриваемый фрагмент физической, виртуальной или ментальной реальности, оказывающий влияние на успех или надежное функционирование предприятия (см. для примера Рисунок 1).

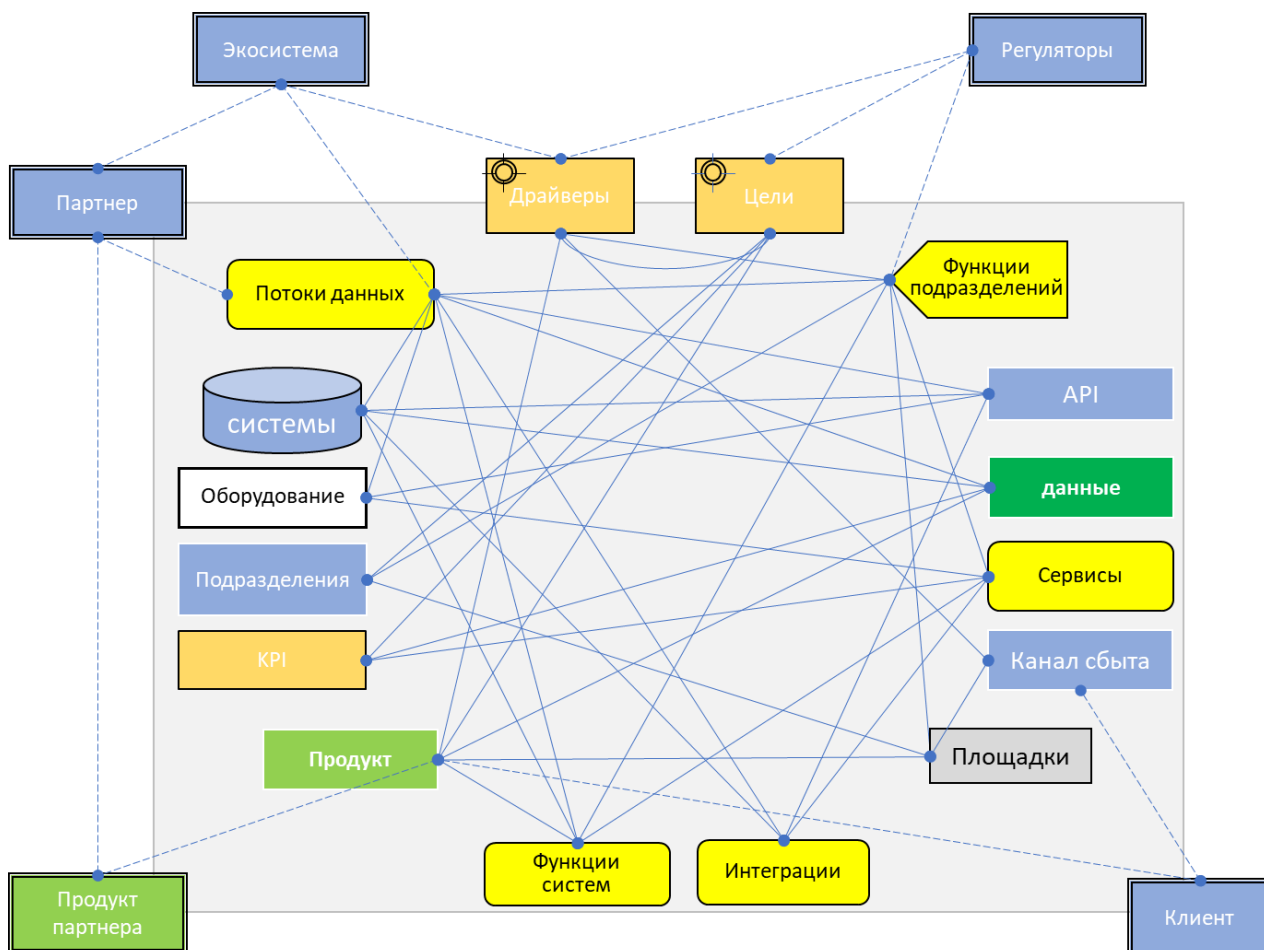


Рисунок 1. Взаимосвязи и влияния компонентов архитектуры

В первую очередь архитектура увязывает конструктивно-функциональные решения с назначением или свойствами конструкции. Но она – не только про внутренне устройство. Архитектура идет дальше и исследует устойчивые умозаключения о контексте, в котором пребывает рассматриваемая система (предприятие), а также как из этого контекста было решено породить именно данный состав целей, назначений, систем, интеграций, процессов, данных и т.п.

Архитектура тех предприятий, предметом переработки или «материалом» которых является информация, 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. Именно информация лежит в основе того, что мы называем цифрой.

ИТ-архитектура – это составная часть архитектуры предприятия. Термин «ИТ-архитектура» относится, прежде всего, к программным/ прикладным ИТ-компонентам (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 приложениями; 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, что можно заменить AI-компонентами 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 приведем еще одно определение архитектуры, взятое из акта Клингера-Коэна⁶:

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). Рассмотрим эти фазы в двух следующих разделах.

⁶ 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 этой методологии.

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

Подход №1. Трансформация — это тщательно спланированный перевод предприятия в качественно новое состояние. Такое новое состояние условно можно назвать «Цифровое предприятие», как следствие трансформация получит прилагательное «цифровая». Примечание: **предприятие можно назвать цифровым, если его функционирование основано на цифровых моделях и цифровых двойниках.**

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 статье 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.

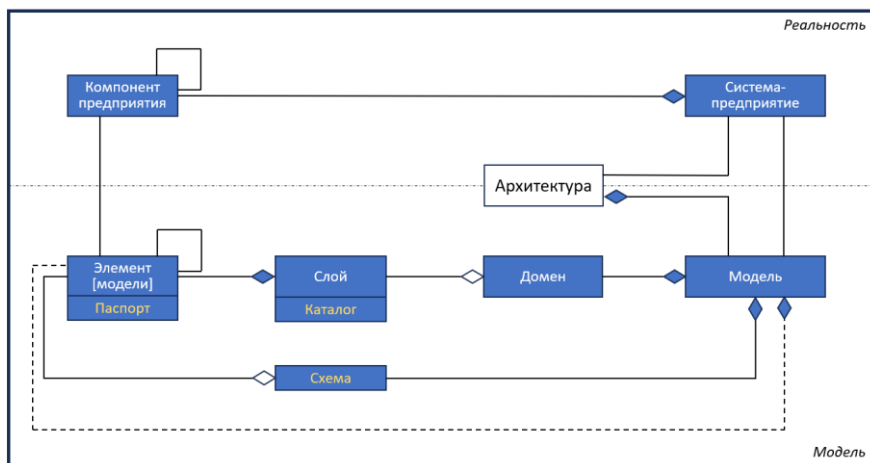
Несмотря на разницу в трансформационных подходах 1 и 2, оба они опираются на одни и те же архитектурные модели предприятия. Но подход №1 методически проще для целей введения в архитектуру.

Начнем с необходимости держать в уме 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 модель⁷.** 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. То есть множеству реальных компонентов предприятия соответствует множество элементов в модели. Это надо запомнить: компонент реальности \cong элемент модели.

Теория моделирования предполагает, что на одну и ту же реальность можно построить несколько различных моделей. Как результат, архитектура репрезентируется не обязательно одной единственной моделью, но любым их количеством, достаточным для решения задачи, стоящей перед архитектором или группой лиц, ответственных за трансформацию. Совокупность моделей и элементов в них, образует репозиторий архитектуры. Мета-модель репозитория, с которой

⁷ 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».

архитектор должен подойти к созданию моделей, представлена на Рисунок 2. Единая метамодель репозитория позволяет сравнивать модели между собой для проведения аналитической работы и производства архитектурных решений.



- Архитектура выражается моделью
- Модель состоит из слоев, объединенных в домены
- Слой представляет собой каталог
- Каталог содержит элементы
- Элемент отражает компонент предприятия в виде паспорта компонента
- Связи элементов отражены в паспортах и иллюстрируются на схемах

Рисунок 2. Метамодель типового архитектурного репозитория.

Как видно из рисунка, репозиторий архитектуры состоит из множества взаимосвязанных элементов, сгруппированных в каталоги по типам элементов. Каталогизация и связывание – основа основ архитектурной практики и ее успеха. Если что-то не попало в каталог, значит его нет в аналитическом поле лиц, принимающих решения.

Каталогов могут быть десятки (обычно не более 20-40). Так, например, Архимейт предлагает более 50 концептов-кандидатов для порождения каталогов.

2.0. Декомпозиция и дезагрегация архитектурной модели на домены и слои

Так как архитектура (архитектурная модель) предприятия сложна по природе своей комплексности и всеобщего охвата (десятки каталогов, тысячи элементов и связей), то её разбивают на области, называемые в профессиональной литературе как домены, аспекты, перспективы. 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, ничем не ограничено и может быть любым; наиболее часто в профессиональной 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 архитектура⁸.
- Домен производства и соответственно производственная архитектура.

Приведенные домены (мы будем использовать именно слово «домен», как наиболее употребительное в литературе) можно найти в методических рекомендациях таких известных фреймворков, как TOGAF⁹, Захман¹⁰, NAF (NATO Architecture Framework), а также в руководстве по языку, наиболее распространенному среди корпоративных архитекторов, - Archimate¹¹. 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**¹².

В следующем разделе опишем подробнее, из каких слоёв/каталогов состоят типовые домены корпоративной архитектуры. Обращаем внимание, что организация и учет элементов архитектуры в слоях и, как следствие, в доменах выполняется тремя методами:

1. **Каталогизация** элементов – организация коллекций и списков элементов в виде иерархических или плоских реестров (или справочников). Каждый такой реестр и есть слой.
2. **Связывание** – это способ установления отношений между элементами или, иными словами, способ установления связей между элементами архитектуры. Иногда для связывания используют «матрицы», что весьма удобно и наглядно. В программных инструментах, поддерживающих создание архитектурных моделей, могут быть реализованы другие приемы связывания и трассировки связности, как например, табличные каскады в СиММА.
3. **Схематизация или диаграммирование** - 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.

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

Излагаемые 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.

⁸ Здесь, чаще всего, имеется в виду «ИТ-инфраструктура, поддерживающая работу информационных технологий».

⁹ <https://www.opengroup.org/togaf>

¹⁰ Zachman Framework. См. https://en.wikipedia.org/wiki/Zachman_Framework

¹¹ <https://www.opengroup.org/archimate-forum/archimate-overview>

¹² Совокупность элементов одного типа образует каталог или слой. Совокупность каталогов родственной тематики образует домен или область. Любые другие трактовки слоев и доменов не являются продуктивными и чаще всего происходят от неаккуратного словоупотребления.

2.1 Домен №1. Мотивация и стратегия

В данном домене систематизирует (выделяют, каталогизируют, связывают) элементы, которые фиксируют внешний периметр компании и его влияние на 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 имеет отношение к контексту предприятия. Рассмотрение системы вне контекста ее функционирования считается в системной инженерии бессмысленным занятием.

Следующие каталоги архитектурных элементов образуют данный домен:

- 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 данный домен обозначен как 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 [с помощью матриц] с ресурсами, целями или планируемыми результатами.

2.2 Домен №2. Деятельность

Под деятельностью имеется в виду 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, какие процессы выполняет, как взаимодействует с клиентами (или гражданами). Наиболее значимыми слоями являются процессы, информация, продукты, сервисы (и/или услуги), подразделения, каналы взаимодействия с окружающей средой.

На основании элементов доменов деятельности и контекста может быть создана бизнес-модель – высокоуровневое представление 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 полной архитектурной модели предприятия.

Следующие каталоги архитектурных элементов составляются в данном домене:

- каталог продуктов (в том числе типов продуктов) и/или услуг, как частный случай – каталог государственных услуг;
- каталог подразделений и каталог функций подразделений (орг.структура);
- каталог процессов;
- каталог информационных единиц (совокупность информационных единиц и их связей образуют концептуальную объектную 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 домена «Деятельность». 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. Особенно сложными для выделения являются поведенческие типы элементов: процессы, подпроцессы, функции, операции, сервисы

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

В данном домене систематизируют (выделяют, каталогизируют, связывают) 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 слой, так как каждый цифровой двойник обладает своими методами/функциями, может быть связан с устройствами, датчиками и собственно объектом реальности, двойником которого он является.

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 (прим: домен данных – тесно связанное множество данных).

Строго говоря, в данном домене мы систематизируем не данные, а метаданные (то есть программную структуру данных): клиент, заказ, товар, корзина, налоговая ставка, накладная и т.п. Чтобы отличать данные от метаданных, часто используют слова «классы» или «объекты данных»,

подчеркивая тем самым, что речь не идет о накладной №8, заказе №56 или клиенте по имени Васильев 1992 года рождения.

Как правило, метаданные столь сложны, что проектируются в рамках определенного прикладного домена (расчет с потребителем, учет оборудования, отношения с клиентом, отдельный продукт или услуга). Современный этап сложности и разнообразия 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 вида 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 метаданных, но также и системы, которые их хранят, трансформируют, агрегируют, представляют в виде витрин и т.п. Элемент метаданных характеризуется в обязательном порядке своими атрибутами, но не в меньшей степени 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.

Каталогизация метаданных может выполняться на трех уровнях детальности:

- Концептуальная модель данных (каталог концептуальных объектов данных).
- Логическая модель данных (каталог логических объектов данных).
- Физическая модель данных (каталог физических объектов данных).

Хотя каталоги в архитектуре всегда первичны, зачастую модели данных создаются с помощью различных техник схематизации.

2.4 Домен №4. Приложения (прикладные системы)

В данном домене систематизируют (выделяют, каталогизируют, связывают) функции прикладных информационных 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. Источником данных для каталога приложений могут быть системы класса CMDB, уже содержащие нужные данные по развернутым на предприятии ИТ-системам;
- сервисы и классификацию сервисов, предоставляемых приложениями;
- функции и классификатор функций, предоставляемых приложениями;
- интерфейсы (API/GUI), которые предоставляют приложения;
- 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.

Замечание №1: классифицирующие элементы (классификаторы) не относятся собственно к архитектуре, но помогают управлять архитектурной моделью.

Замечание №2: Изменение технологий разработки и интеграции приложений может потребовать включения в домен каталога микросервисов.

Замечание №3. Нередко архитекторы приложений включают в домен приложений и данные, это не является какой-то методической оплошностью. Во-первых, данных может быть не много или они не играют существенной роли на предприятии. Во-вторых, разбиение архитектуры на домены каждый коллектив архитекторов может делать из собственных соображений удобства или в силу сложившейся на предприятии практики.

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 систем, как правило, работает несколько solution-архитекторов, курирующих проекты развития и интеграции приложений.

Привязка приложений и функций приложений к бизнес-процессам организации обеспечивает взаимосвязь бизнес и ИТ-архитектуры.

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

В данном домене систематизируют (выделяют, каталогизируют, связывают) аппаратный и программный фундамент, на котором разворачиваются прикладные ИТ-системы. Согласно Gartner технологическая архитектура состоит из элементов, представленных в следующих шести каталогах:

1. сервисы управления данными и предоставляющие их компоненты: СУБД, хранилища данных и т.д.;
2. прикладные сервисы общего назначения и предоставляющие их компоненты: почта, системы коллективной работы, средства разработки и т.д.;
3. ПО промежуточного слоя: сервера приложений и другие средства интеграции;
4. вычислительная инфраструктура: серверное оборудование, СХД и т.д.;
5. сетевые сервисы (локальная и глобальная сетевая инфраструктура, технологии доступа);
6. сервисы безопасности и компоненты, предоставляющие их.

Примечание: развитие направления кибербезопасности (особенно в цифровых компаниях) всё чаще требует выделения её в отдельный домен как минимум с четырьмя основными слоями: защищаемые активы, уязвимости активов, угрозы, 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

В данном домене систематизируют (выделяют, каталогизируют, связывают) 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 перестает 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.

Каталогизация физических предметов в учетных практиках предприятий обычно именуется «инвентаризацией», а сам такой учет - **инвентарным учетом**. Однако не стоит смущаться тем, что инвентаризации могут подлежать и ментальные объекты реальности такие как: цели, драйверы, требования – или виртуальные: микросервисы, функции систем, API-методы, метаданные, компоненты развертывания систем и т.п.

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 одного каталога также связаны и с элементами других каталогов (системы с функциями, цели с процессами, данные с интеграциями), в том числе и с каталогами «соседних» доменов! 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.

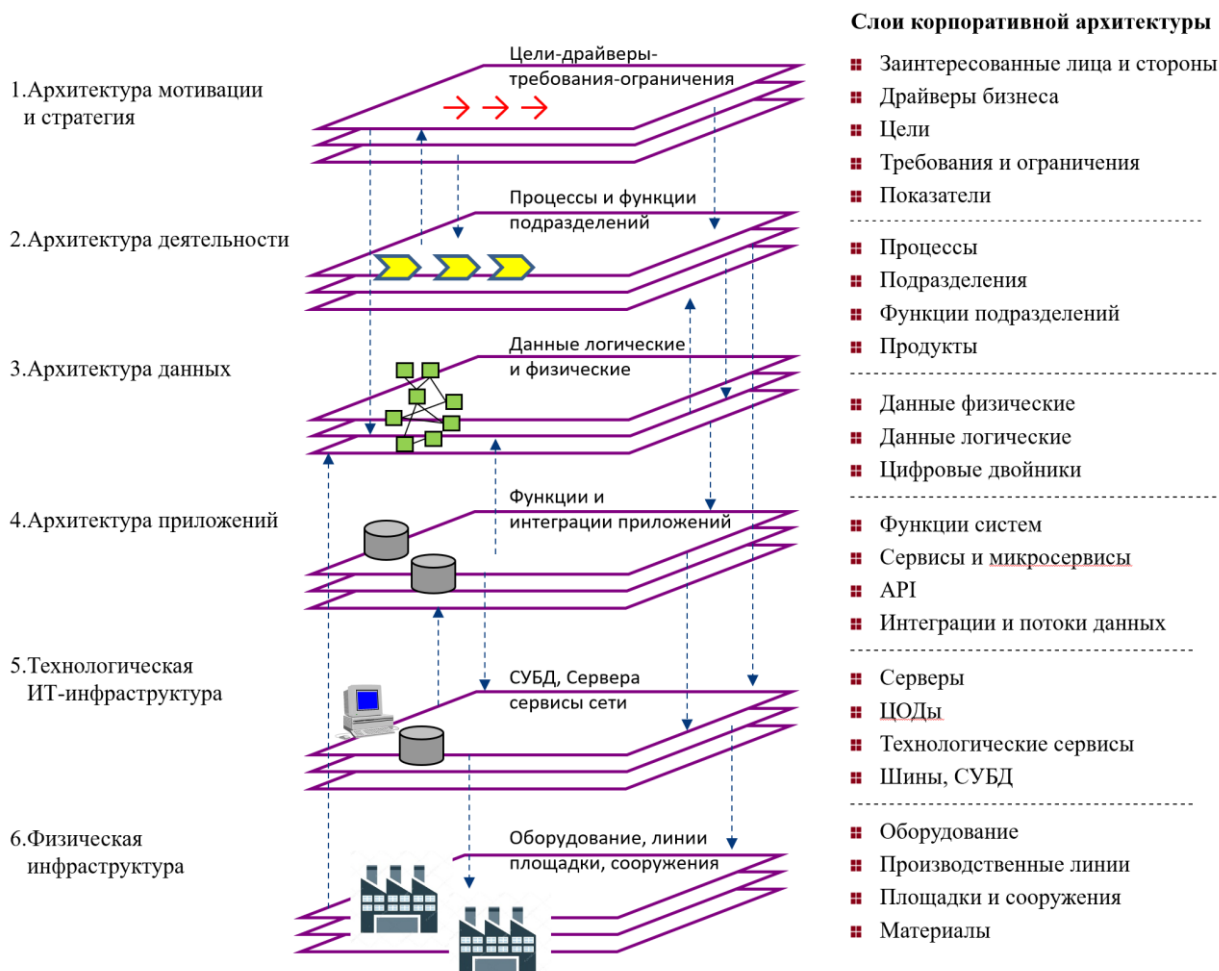


Рисунок 3. Архитектура, как многослойная конструкция.

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 реальности¹³: система, API-метод, микросервис, прибор, канал связи, подразделение, нормативный документ, 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, указывающими на классы, категории, типы, рода или виды. Если это неизбежно, то от архитектора требуется маппинг - понимание связи абстрактной категории с реальными сущностями или явлениями предприятия, которые данная абстракция репрезентирует.

¹³ В англоязычной литературе по моделированию используются также такие синонимы, как овеществленный или объективизированный.

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 конкретные каталогизированные компоненты бизнеса, они становятся источником заблуждений и почвой для демагогии. Например, фраза «необходимо импортозамещение всех критически важных систем нашего бизнеса» является абстрактной декларацией, так как «критически важные» - это не конкретная система, а класс систем, отобранных по какому-то признаку.

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 компоненты 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/изменений и, как следствие, чем больше ресурсов и времени потребуется на их 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. И только после этого начинают создавать Solution-архитектуры. Однако же не исключено, что даже при крупных трансформациях, какие-то solution-архитектуры будут унаследованы и переиспользованы.

Рациональный и экономный подход к архитектурированию подразумевает смесь используемых техник и методик моделирования, 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 синтезирующее 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 компонент, 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 уникальные эмерджентные свойства. Некоторые практики утверждают (и с этим стоит согласиться), что **архитектурирование – это именно про проектирование эмерджентных эффектов**.

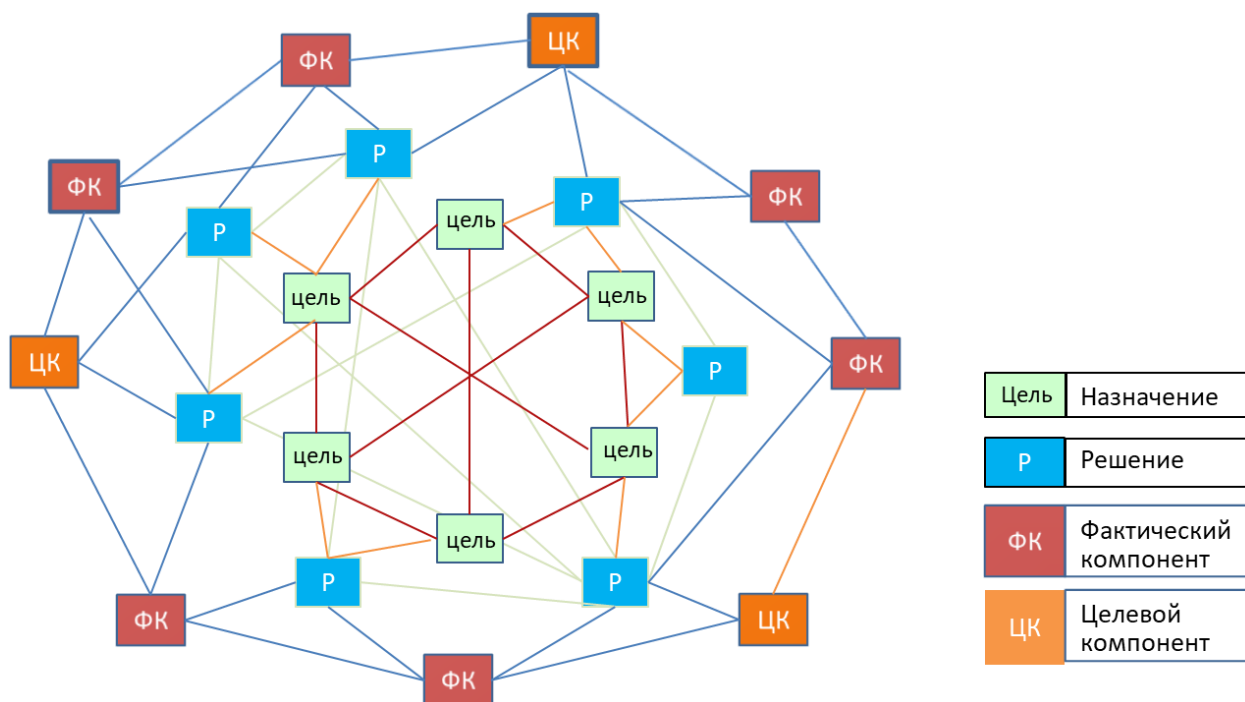


Рисунок 4. Взаимосвязь архитектурных решений с целями и компонентами системы-предприятия.

Из чего состоит решение?¹⁴ 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 конкурента, указание вышестоящего органа, устаревание оборудования или выход его из

¹⁴ В.В.Годин «Управление информационной системой организации»

стройка; 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) находит и принимает такие решения? Чаще всего 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. Шаблон¹⁵ – это обобщение опыта пионеров, изобретателей, первопроходцев, технологов и экспертов, которые подобного рода решения уже не раз принимали в прошлом. 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. 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.

Необходимо также отметить, что AsIs-архитектура является источником и основаниям для создания нужных паттернов архитектуры. То есть анализируя ситуации прошлого и настоящего, мы понимаем, что без их унификации невозможно снижение разрастающейся сложности системы. То есть роль паттерна заключается не только в подсказке, как следует действовать в той или иной ситуации, но также и в том, чтобы добиваться повторяемости наших решений на однотипные проблемы или задачи.

См. Thierry Perroud, Reto Inversini «Enterprise Architecture Patterns».

ToBe-архитектура – это тот набор компонентов и архитектурных решений, 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).

¹⁵ См. Thierry Perroud, Reto Inversini «Enterprise Architecture Patterns».

3.2 Методология трансформации

Архитектура предприятия – это многослойная модель конструкции предприятия, которая методично, целно и с любой степенью детализации описывает предприятие, формирует 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 должно быть».
3. Спланировать переход от «как есть» к «как должно быть». 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.

Примечательно, что в рамках Архимейт предусмотрены концепты, позволяющие зафиксировать как сущность предстоящих изменений, так и стадии их воплощения: GAP, Plato, WorkPackage, Deliverable. Все эти концепты собраны в домене «Имплементация и Миграция», но связи от них тянутся ко всем слоям архитектуры, рассмотренным выше.

Выдержки из Archimate 3.2.

Plato – относительно стабильное состояние элементов архитектуры в течение ограниченного периода времени.

Gap – разрыв между элементами двух плато. Примечание В.Рудь: идентифицированное изменение, которое должно быть имплементировано для перевода предприятия в следующее стабильное состояние. В русскоязычном управленческом дискурсе наиболее близкий аналог отражен в понятии ПРОБЛЕМА.

WorkPackage – действие или серия действий, направленных на реализацию/устранение разрыва.

Deliverables – точно описанный результат действия. Это может быть отчет, сервис, программа или программный компонент, физический продукт или реализация организационного изменения (новый отдел, новая компетенция, новый способ действия/процесс) и прочее.

Совокупность разрывов (gap) и действий (workpackage) отражают сущность необходимой трансформации. Очевидно, что эта сущность может быть четко и прозрачно идентифицирована только тогда, когда мы имеем описание двух архитектур (двух архитектурных моделей): текущей и целевой.

Следует обратить внимание на одну особенность ADM согласно TOGAF: это цикличность трансформации (включая создание транзитных архитектур), причем **центральной и сквозной**

фазой 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 именно 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, AI, платформы или создание экосистемы является лишь формами и инструментами, и зачастую не приводит к поставленным перед трансформацией целям. Как правило, цель цифровых трансформаций заключается в таком применении технологий, платформ, моделей, данных, мышления и культуры, которые приводят 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.

Любая трансформация может начаться не под действием внешних факторов, а 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 адаптации под изменившиеся условия внешней среды компании, и ей придется смещать фокус своих изменений с внутреннего на внешнее.

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

Данный раздел написан совместно с Владимиром Ананьиним.

Раздел актуален только для тех трансформаций, которые ставят своей целью создание цифровых предприятий.

Поскольку каждое 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 в ходе его цифровизации. Каждое предприятие должно отобрать те, которые содействуют реализации именно его стратегии и замысла.

Обращаем внимание, что институт разработки архитектуры предприятий (Institute for Enterprise Architecture Development, IFEAD) указывает на основной руководящий принцип архитектуры предприятия: «**нет стратегических прогнозов - нет архитектуры предприятия**». То есть архитектура предприятия — это организационное и технологическое следствие, это видение на устройство предприятия для целей выполнения его бизнес-стратегии. А если предстоит задача цифровой трансформации, то изменений на предприятии будет много, так как ожидания от трансформаций подразумевают кратное увеличение объемов бизнеса или его эффективности. В связи с этим обратим внимание, что архитекторы и менеджмент могут обратиться к опыту и шаблонам прошлого, когда компании за счет технологических инноваций демонстрировали взрывной рост своих масштабов.

Первые систематические исследования природы быстро растущих организаций появились в начале 10-х годов, а уже в 2014 в США вышла монументальная работа коллектива авторов Университета сингулярности по анализу закономерностей формирования таких организаций¹⁶. Выводы этого исследования позволили авторам данного раздела систематизировать опыт, наблюдаемый в области цифровой трансформации, как зарубежом, так и в России.

Далее в избранных архитектурных доменах мы приведем примеры отдельных ключевых изменений, связанных с трансформацией организации к их цифровому типу. Примечание: отнесение к домену не всегда строгое, но и сами домены, как уже отмечалось выше, не являются архитектурными компонентами, а являются лишь способом упорядочить архитектурный контент.

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) Смещение в ценностях поставляемой продукции. Одним из отличий цифровой организации от традиционной является то, что ценность ее продукта основана на данных. Иногда такой продукт называют цифровым продуктом.
- 2) Смещение в каналах доставки продукта. Организация переводит в цифровой формат отношения со своими клиентами и партнерами, включая партнеров и клиентов в качестве равноправных игроков цепочки создания ценности. Связи между ними становятся 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.

¹⁶ Майкл Мэлоун, Салим Исмаил, Юри ван Геест, "Взрывной рост: Почему экспоненциальные организации в десятки раз продуктивнее вашей (и что с этим делать)", Альпина Паблишер, Москва, 2017

- 3) У всех цифровых организаций появляется новое качество – высокая инновационность и изменчивость (адаптивность). Драйверами 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.*
- *Трансформация природы основного продукта цифровыми компонентами. 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.*

Изменяющиеся слои архитектуры: процессы, приложения, продукты, данные.

РФ. Сбербанк.

- *Расширение продуктово-сервисной линейки за счет цифровых возможностей основной платформы. Создание на базе универсальной платформы Сбербанка сервисов по доставке не только финансовых услуг, но и любых других услуг или товаров.*

Изменяющиеся слои архитектуры: продукты, приложения, данные.

РФ. Яндекс. *Создание экосистемы и программного обеспечения для доставки пассажиров, товаров, заказов, аренды автомобилей и самокатов за счет использования данных по геолокации клиентов и требующихся им сервисов или ресурсов, например, транспортных.*

Изменяющиеся слои архитектуры: продукты, приложения, данные.

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 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, в том числе 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, постоянно находясь в потоке изменений.

РФ. Сбербанк.

- Сокращение издержек на обслуживание потребителей и ускорение их операций за счет перевода процессов оказания финансовых услуг в режим on-line и их роботизации.
- Ускорение финансовых операций за счет инноваций в области искусственного интеллекта.

Изменяющиеся слои архитектуры: процессы, приложения, данные.

РФ. Додо Пицца.

- Создание огромной сети пиццерий по всей России и за ее пределами потребовало создать совершенную систему, обеспечивающую логистические потребности компании. Это позволило Додо Пицца не толькократно увеличить свою розничную сеть, но и занять центральное место в доставке ингредиентов для других игроков в сегменте фаст фуда, например, Дринкита, Донера 42.
- В Додо Пицца цифровизации подвергнуто большинство процессов за счет внедрения технологий ML, что позволяет эффективно масштабировать бизнес по всему миру.

Изменяющиеся слои архитектуры: процессы, приложения.

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.

Еще одним изменением в слое данных и методов их интерпретации являются LLM-модели. Очевидно уже, что таких моделей может быть много и потому разумно создать слой таких моделей. По каждой модели учитывается: на каком наборе данных она создана и как обучена, дата актуальности модели, планируемая дата актуализации модели, к каким системам в ландшафте предприятия модель подключена, на какие типы вопросов будет отвечать модель и какова ожидаемая точность ответов. При разработке моделей объектом учета становятся также: необходимые аппаратные средства для поддержки адекватной скорости работы модели и ожидаемый экономический эффект.

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

РФ. Яндекс. Данные о геолокации потребителей и поставщиков позволяют создавать сервисы, позволяющие соединять участников экосистемы с целью покупки и доставки товаров или услуг. Изменяющиеся слои архитектуры: данные и основанные на них продукты, процессы, приложения.

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, и работающих с ними пользователей. 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 компонент 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 программизмы 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 прикладных сервисов, а с другой – реализует бизнес-модель по размещению на своей платформе сервисов (приложений) партнеров-разработчиков.

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

Домен №5. ИТ-инфраструктура.

В этом доме 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 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. *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-регуляторы данной отрасли.*

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

3.4 Предприятие на «цифровом пути».

Часто приходится слышать о **цифровых** предприятиях, как существующих, так и мечтающих стать таковыми. Что действительно стоит за этим прилагательным? Как уже указывалось в начале статьи, цифровым следует считать предприятие, где цифра доминирует **в трех последних проявлениях**:

1. цифра – это основная форма представления информации.
2. предприятие разрабатывает цифровые продукты.
3. **обработка информации осуществляется преимущественно не сотрудниками, а цифровыми (программными) агентами (или роботами), то есть на предприятии доминируют цифровые процессы.**
4. **цифровой двойник** (человека, агента, оборудования, здания, процесса) является основной прослойкой между агентом управления и агентом действия.
5. **цифра – есть модель реальности предприятия.** То есть предприятие полагается преимущественно на цифровые модели в осуществлении своей деятельности.

Пока еще очень редкие предприятия являются цифровыми и далеко не всем это нужно, хотя деятельностью по цифровизации занимаются практически все. Поэтому выделяется 6 категорий бизнеса (возрастание по уровню цифронасыщенности и зрелости использования цифры):

1	Цифропронизанный бизнес.
2	Цифрозависимый бизнес.
3	Цифроинтегрированный бизнес.
4	Цифроосознанный бизнес.
5	Цифрорефлексирующий бизнес.
6	Цифровая ткань.

Критерии отнесения предприятия к приведенным категориям и характеристики самих категорий доступны в рамках учебных программ «Марк Аврелий» или в составе поставки ПО «СиММА».

3.5 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 первой-второй стадиях проектирования 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 наиболее важны для целей трансформации и сделать описание на третьем-четвертом уровне детализации [по Захману]. 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)¹⁷. Второе направление улавливает ценные детали устройства

¹⁷ В настоящее время широкое распространение для проектирования сверху вниз получил подход, описанный в рамках BIZBOK® в виде совокупности capability, value и value stream.

предприятия, используя подход «снизу вверх». Детальное исследование архитектуры наиболее часто начинают со следующих четырех слоёв: процессы (действия, операции), данные, функции приложений, интеграции (потоки данных). Эти четыре слоя образуют конструктивное ядро современной компании (для начала, особенно не в цифровых компаниях, выбирается три слоя) – см. Рисунок 5.

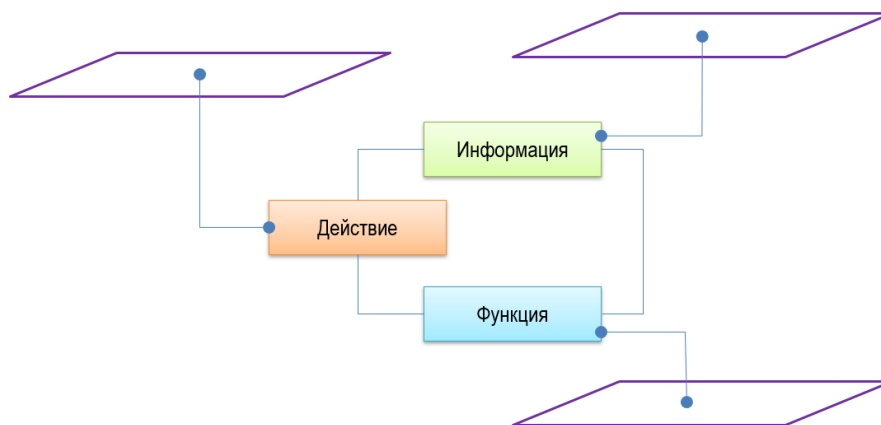


Рисунок 5. Конструктивное ядро предприятия.

В зависимости от текущих проблем предприятия указанное ядро обогащается каталогизацией и связями с другими слоями, где архитектор видит дезорганизацию или отрицательное влияния 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 бизнеса. 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, предназначения 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 выравниваем этих двух стандартов.

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

ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) - язык и нотация, и методология, изначально предложенные в 90-х в одноименном программном продукте ARIS компании Software AG. 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, жестко впаяна в продукт ARIS 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 методологию и нотацию всё ещё поддерживают: Business Studio 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 2025 года не было, в отдельных продуктах можно встретить только IDEF0, используемую для построения процессных моделей. Очень похоже, что век IDEF закончился в 90-х, хотя базовые идеи и концепции, в частности SADT, безусловно актуальны и сегодня.

5. Архитектор предприятия

Для контроля и развития архитектуры предприятия появилась новая роль (должность) - архитектор предприятия. Он отвечает за создание, развитие, актуализацию корпоративных архитектурных моделей, а также за планирование трансформации на их базе. На больших предприятиях в связи с множественностью и сложностью архитектурных моделей существуют отдельные подразделения, объединяющие таких архитекторов. Если архитекторов много, каждый из них может контролировать один или пару архитектурных доменов.

Архитектор предприятия должен обладать системным подходом, аналитическим мышлением, широкой эрудицией в области корпоративного управления, бизнес-процессов, ИТ и технологических процессов. Архитектор предприятия должен понимать предметную область бизнеса, текущие проблемы и варианты их решения, а также владеть релевантными для предприятия технологиями. Области компетенций архитектора предприятия показаны на Рисунке 6. Как видно из рисунка, архитектор предприятия интегрирует в себе компетенции весьма различных специалистов, что характерно для профессии архитектора с момента ее возникновения более 2000 лет назад.

Ввиду высокой цифровой и ИТ-насыщенности современных предприятий, ведение корпоративной архитектуры должно осуществляться в кооперации с CIO, CDO, CTO и конечно же CDTO.

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

Краткие выводы

Архитектурование есть дальнейшее развитие деятельности по инжинирингу предприятия, вылившееся в самостоятельную дисциплину со своим корпусом знаний в виде методов, руководств, стандартов и даже языком. Результатом архитектурования являются модели. Модель становится образом (макетом, чертежом, образцом) будущего предприятия. Это направление в системном дизайне получило название Model Driven Architecture и развивается в рамках консорциума OMG: <https://www.omg.org/mda/>.

Архитектурные модели охватывают все компоненты предприятия независимо от их природы (физической, ментальной, поведенческой): цели, задачи, принципы, системы, функции, данные, оборудование, требования, ограничения, API, интеграции, решения, показатели, способности и прочее. В основе архитектурных моделей лежат методы каталогизации и связывания. С помощью моделей планируются трансформации. Архитектурование, как минимум, позволяет выявить что именно будет трансформироваться и как поставить процесс сотен изменений под непрерывный контроль. Методология планирования и контроля такого процесса предложена и развивается в виде метода ADM, входящего в TOGAF-фреймворк от Open Group.

Десятки предприятий в мире уже прошли процесс цифровой трансформации. Опыт этих предприятий показывает, что архитектура есть способ контроля за адаптивностью бизнеса к внешней среде, которая все более и более становится средой цифровых коммуникаций и маркетплейсом цифро-насыщенных продуктов.

Для ведения архитектурных моделей и планирования трансформации используются специализированные инструменты – архитектурные репозитории.

Целесообразность архитектурного моделирования и затраты на него определяются исходя из стоимости проектируемых изменений. Архитектурование – это проектирование. Очевидно, что когда речь идет о трансформации компаний федерального масштаба, обойтись без проектирования и ведущего это проектирование архитектора также невозможно, как и при строительстве многоэтажного здания, завода или при выводе на рынок нового продукта или технологии.

В заключение. Дала ли статья ответы на все вопросы касательно архитектуры и ее применимости в ходе трансформации предприятия? Ответу на это цитатой Бертрана Рассела из его работы «История западной философии»: «Определенность ответов на ряд проблемных вопросов заставляет современные умы относиться к этим ответам с подозрением. Поэтому важно не столько дать эти ответы, сколько продемонстрировать как мы рассуждаем при поиске тех или иных решений относительно стоящих перед нами вызовов».

Рекомендованная литература.

1. Thierry Perroud, Reto Inversini. «Enterprise Architecture Patterns». Издательство: Springer; 2013.
2. Marc Lankhorst. «Enterprise Architecture at Work». Издательство: Springer; 2017.
3. Статьи и презентации Зиндер Евгения Захаровича по теме архитектуры предприятия.
4. Аристотель. «Категории».
5. Open Group. Методичка по Архитектуре 3.0 или 3.2, или Next.
6. В.Рудь. «Слои корпоративной архитектуры». <https://marcus-aurelius.ru/articles/layers.html>
7. В.Рудь. Лекция по теме «Каталогизация, нормализация, реификация в ходе проектирования корпоративной архитектуры» <https://yandex.ru/video/preview/12919858412820789172>

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®¹⁸. 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 ¹⁹ (TOGAF®) есть де-факто стандарт на описание архитектуры предприятия, который может использоваться любой организацией, разрабатывающей собственную архитектуру. В настоящее время (2024 год) актуальна версия 10.

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.

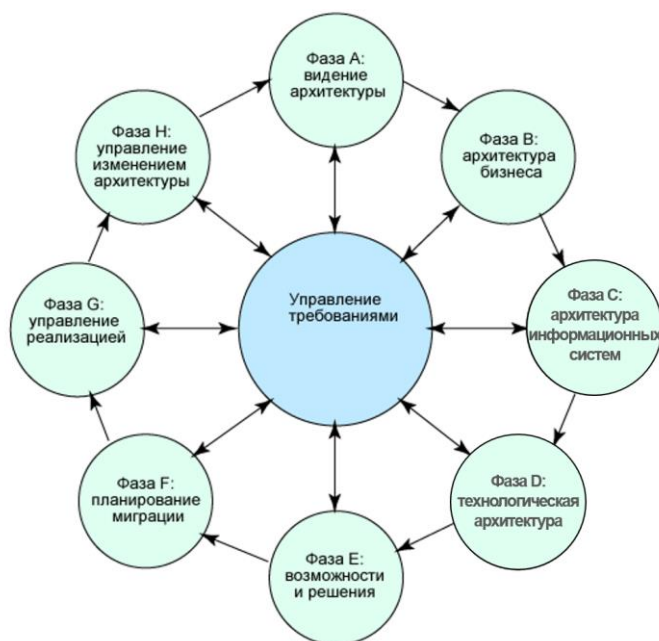


Рисунок 7. Основные фазы TOGAF.

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 управления архитектурой под особенности предприятия, выбор инструментов описания архитектуры.

¹⁸ Сайт TOGAF - <http://www.opengroup.org/togaf/>

¹⁹ Термин framework можно перевести как «рамочная модель» или «каркас», подразумевая под этим логическую структуру для классификации и организации информации о сложном явлении, системе или методе.

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 планов внедрения и миграции.
8. **Фаза G: Управление построением целевой архитектуры и ее контроль** — обеспечение и поддержание процесса преобразования архитектуры предприятия (Implementation governance), управление проектами внедрения, контроль и оценка прогресса преобразований.
9. **Фаза H: Управление изменениями** — процедуры для управления и контроля целостности всех внедрений и преобразований на предприятии, управление рисками.
10. **Управление требованиями** — управление процессом реализации требований: учет и документирование требований, оценка требований, устранение конфликтов, расстановка приоритетов, поддержание репозитория требований в актуальном состоянии.

Каждая из девяти фаз (А-Н) 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 1998 г., а в 2008 г. его перевод был принят как ГОСТ Р²⁰. Переиздан в январе 2019 года.

В стандарте содержатся концепции и правила для моделирования предприятий с целью обеспечения более эффективной интеграции элементов предприятия. Стандарт отмечает необходимость системного подхода к предприятию, что подразумевает необходимость рассматривать каждый компонент в архитектуре предприятия как самостоятельную систему, к которой применимы те же самые правила архитектурирования, 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.

Рекомендуется изучение стандарта для понимания сущности таких понятий как модель, элемент модели, абстракция, структура.

Приведем полезные выдержки из стандарта касательно моделей.

Модель предприятия: представление того, что предприятие предполагает осуществить, как оно работает и, возможно, как оно организовано. Модель предприятия является абстракцией, которая представляет основные элементы предприятия, их разложение до любой необходимой степени, а также связи между элементами.

Модели представляют собой описания существенных и соответствующих частей интересующей области. Они не дублируют реальность, а являются ограниченными приближениями рассматриваемого подмножества существующей реальности. Соответствующий уровень детализации модели определяется ее предполагаемым использованием, то есть целью модели. Полное описание любой модели включает в себя информацию о цели, допущениях и ограничениях.

У моделей могут быть различные цели. Цели могут применяться для структурирования интересующей области для:

- представления или улучшения понимания области;
- определения структуры, логики и поведения системы;

²⁰ ГОСТ Р ИСО 14258-2008 - <http://www.gosthelp.ru/gost/gost48408.html>

- поддержки процесса принятия решения посредством анализа различных вариантов или решений;
- оказания помощи в проектировании или функционировании системы.

Существует множество возможных использований модели. Пользователь может работать только с частью реального мира; то есть пользователь определяет, какие составляющие (атрибуты) реального мира необходимо включить в модель. Пользователь свободен в определении и выборе той части предприятия, которая соответствует его цели.

Стандарт ISO 15704:2019 «Промышленные системы. Требования к стандартным архитектурам и методологиям предприятия» (Industrial automation systems. Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies). Стандарт ISO 15704 закрепил основные положения современного подхода к архитектуре предприятия. В 2022 г. перевод этого стандарта был принят как ГОСТ Р. См. также стандарт ISO 19439 «Enterprise integration — Framework for enterprise modelling» (Интеграция предприятия – Рамочная структура для моделирования предприятия).

Стандарт ISO 15704 устанавливает:

- базу понятий и принципов для архитектуры предприятия, которая способствует развитию и интеграции предприятия, интероперабельности предприятий, пониманию сотрудниками предприятия проводимой работы и компьютерной обработке данных;
- требования к моделям и языкам, предназначенным для представления архитектур предприятия;
- термины, понятия и принципы, которые считаются необходимыми для работы с проблемами заинтересованных сторон и выполнения программ по созданию предприятий, а также пошагового изменения проектов, требуемого на протяжении всего жизненного цикла предприятия.

Стандарт ориентирован как на людей, так и на технологии и их интеграцию для достижения стратегических целей предприятия. В задачи интеграции входит установление взаимосвязи миссии компании, производственной деятельности (производство продукции и оказание услуг), человеческого фактора и организационной структуры.

В соответствии со стандартом ISO 15704 архитектура предприятия в первую очередь основана на обобщенных элементах (гlossариях, 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, метамодели;
- частные модели – повторно используемые модели, справочные (референтные) модели;
- конкретные модели;
- инструменты, в частности ПО;
- модули, в частности средства, обеспечивающие интеграцию.

Важные тезисы:

- Предприятия работают в неопределенных изменяющихся рыночных и внешних условиях, поэтому процесс инжиниринга предприятия должен носить постоянный характер. Предприятия сотрудничают в гетерогенной среде с множеством элементов, используя различные модели и системы. Кроме того, большинство предприятий работают в контексте другого предприятия, с которым взаимодействуют в рамках цепочки поставок или как с головным предприятием. Это означает, что персонал предприятия выполняет самые различные функции в рамках концепции предприятия и постоянного развития миссии, производственных правил, производственных и коммерческих процессов, организационных структур, поддерживающих ресурсов и услуг. Из-за высокого уровня

сложности процессов инжиниринга предприятия постоянно возникает необходимость в применении средств, обеспечивающих проведение оценки, структуризацию, координацию и поддержку процессов инжиниринга, включая средства для обеспечения совместной работы и взаимодействия.

- Компоненты архитектуры предприятия (элементы архитектурных моделей) составляют справочную базу, которая обеспечивает общие приемлемые методы для организации и координации процессов инжиниринга предприятия и связанные с этим техническое развитие и внедряемые проекты. Принимая и адаптируя такую единую базу, персонал предприятия может участвовать в инжиниринговых проектах предприятия, улучшая деятельность предприятия, связи и обмен информацией с заинтересованными сторонами и применение имеющихся ресурсов. В результате применения инструментальных средств персонал получает возможность повторного использования на практике определенных проектов и моделей предприятия для реализации преимуществ инжиниринга предприятия на постоянной основе с целью дальнейшего улучшения работы предприятия в целом.
- Архитектура предприятия относится к организации физических компонентов, логических взаимосвязей и взаимодействию людей, вовлеченных в разработку, реализацию и функционирование предприятия или отдельных его проектов/программ.
- Модели предприятия являются инструментами для описания и представления предприятия в контексте конкретной задачи. Такие модели могут анализировать операции предприятия, поддерживать их инжиниринг и управлять операциями. Поскольку предприятия нередко анализируют и моделируют как системы, их модели должны соответствовать элементам и принципам теории систем.
- Требуется обеспечить согласованность модели с наблюдаемой и ожидаемой реальностью.

В качестве приложения Стандарт 15704 приводит методологию и обобщенную архитектуру предприятия (GERAM).

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. В 2022 году вышло его обновление, пока еще не переведенное на русский язык: **BS ISO /IEC/IEEE 42010:2022 «Software, system and enterprise – Architecture description».**

Сложность объектов, создаваемых человеком, достигла беспрецедентного уровня. Это открыло новые возможности и вместе с тем привело к усложнению проблем для организаций, которые создают и используют такие объекты. Архитектурование всё чаще используется организациями, командами и отдельными специалистами для управления сложностью, с которой столкнулись заинтересованные в объекте стороны.

Слово «объект» использовано не случайно. Версия стандарта от 2022 года расширила понятие «моделируемая система/предприятия» до любого объекта исследования или проектирования, который может быть отделен от окружающего его пространства (выделен из пространства): предприятие, организация, решение, программная система, техническая система, подсистема, процесс, бизнес, данные, технология, миссия, продукт, услуга, семейство систем, производственная линия, система систем и т.п. – с учетом того факта, что окружающее пространство влияет на объект исследования, на его характеристики и поведение, а объект исследования в свою очередь каким-то образом взаимодействует с пространством.

Осмысление архитектуры объекта, выражаемой в описании архитектуры, способствует пониманию фундаментальных концепций и основных свойств, имеющих отношение к его поведению, составу и развитию. А они, в свою очередь, воздействуют на интересы, например такие, как выполнимость, полезность и сопровождаемость объекта.

Стандарт описывает онтологию процесса архитектурирования и его результат - описание архитектуры.

Следующие важные определения вводятся стандартом:

- архитектура — фундаментальные концепции или свойства объекта в окружающей его среде и руководящие принципы реализации и развития этого объекта, а также процессы жизненного цикла объекта;
- процесс архитектуризации (architecting): процесс понимания, определения, выражения, документирования, взаимодействия, соответствующей сертификации при реализации, сопровождении и улучшении архитектуры в жизненном цикле объекта;
- architecture framework: условности, принципы и практики для описания архитектур, установленные в пределах заданной области применения и/или объединения заинтересованных сторон;
- интерес (системы) (concern): все, что имеет значение для одной или несколькими заинтересованным сторонам;
- окружающая среда (системы) (environment): контекст, состоящий из вещей, условий и влияний на объект. Эти влияния могут быть технологическими, организационными, операционными, политическими, экологическими, юридическими, электрическими, гравитационными и прочими;
- заинтересованная сторона (stakeholder): индивидуум, команда, организация или их группы, имеющие интерес в системе.

Описания архитектуры используются для того, чтобы выразить архитектуру рассматриваемого объекта. 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.

В чем именно воплощается архитектура? Стандарты 2011 и 2022 года смотрят на это по-разному. Приведем обе цитаты для понимания эволюции архитектурной мысли разработчиков стандарта.

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:

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

42010:2022. Архитектура интересующего объекта включает в себя фундаментальные концепции или свойства этого объекта, рассматриваемые в его среде. Архитектура интересующего объекта может относиться к любому или ко всему из перечисленного:

- компонентам объекта;
- взаимодействию или взаимосвязям компонентов;
- взаимодействию или взаимосвязям объекта с внешней средой и другими объектами;
- поведению и структуре объекта
- принципам, регулирующим развитие объекта, его проектирование, использование, эксплуатацию.