

Расширяющаяся парадигма инжиниринга предприятия¹

Е.З. Зиндер

Председатель правления, НКО «Фонд поддержки системного проектирования, стандартизации и управления проектами» (Фонд «ФОСТАС»)

Адрес: 107061, г. Москва, а/я 563

E-mail: ezinder@fostas.ru

Аннотация

Характер изменений парадигмы инжиниринга предприятий (ИП) и, в первую очередь, концепций этой комплексной дисциплины важен для выбора направлений развития ИП, форм накопления знаний в данной сфере и их передачи специалистам, а также устойчивости и гибкости применения ИП на практике. Анализ этих изменений особенно важен по причине высокой турбулентности методов и технологий ИП на современном отрезке развития технологий, производственных и других отношений, а также из-за возможности трактовки частных схем и методов ИП как новой парадигмы.

Для обоснованной оценки изменений парадигмы ИП определены базовые и дополнительные концепции ИП, составившие в конце XX века классическую парадигму ИП. Изложены результаты сравнительного анализа концепций классической парадигмы ИП и задач, общих для разных предприятий до 2030 года. При этом показано, что классическая парадигма ИП сохраняет работоспособность в этой перспективе. Указывается на открытый характер совокупности концепций и методов парадигмы ИП, благодаря чему в ее состав естественным образом включаются концепции, сформулированные уже в XXI веке, а также альтернативные концепции. При этом общая «картина мира ИП» не меняется на несовместимую с прежней, но и не остается неизменной: происходит постоянное расширение парадигмы ИП за счет новых методов реализации концепций, а также новых концепций, применяемых параллельно и совместно с классическими.

Проведенный анализ позволил перейти к определению новых по существу и вновь появляющихся концепций, к предложению направлений дальнейших исследований, а также к определению условий, при которых формирование и применение действительно новой парадигмы ИП может быть оправданным.

Ключевые слова: предприятие, инжиниринг предприятия, концепция инжиниринга, информационная технология, цифровая трансформация, классическая парадигма, сдвиг парадигмы, расширяющаяся парадигма.

Цитирование: Zinder E.Z. Expanding enterprise engineering paradigm // Business Informatics. 2016. No. 4 (38). P. 7–18.
DOI: 10.17323/1998-0663.2016.4.7.18.

Введение

В течение последних двадцати пяти лет инжиниринг предприятий (ИП) определяется как комплексная дисциплина, применяемая для создания и любых изменений предприятий самых разных типов. В результате целенаправленных международных усилий в конце XX века была создана совокупность концепций, методик и стандартов, сформировавшая классическую парадигму

ИП. Эта совокупность была нацелена на поддержку деятельности предприятий в XXI веке, а ее открытость, подкрепленная стандартами [1, 2], позволила наращивать и модернизировать ее методы.

Современный период характерен не только ускорением развития технологий (не только информационных, но и робототехники, биотехнологии и др.), но и кардинальными изменениями в образовании, демографии, социологии, экономике в целом,

¹ Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 16-07-01062 «Разработка методов и средств инжиниринга предприятий на основе интеллектуальных технологий»

что меняет среду, в которой создаются и работают предприятия. С самого начала XXI века изменения отдельных дисциплин, связанных с ИП, стали восприниматься как существенные сдвиги парадигм. Более того, возникло впечатление, что появился эффект постоянного сдвига этих парадигм [3]. Сегодня публикации о новых парадигмах или их сдвигах появляются чуть ли не ежедневно. Некоторое представление о возникшей турбулентности концепций и методов ИП дают работы [4–10], хотя полная картина шире и многообразнее.

В этих условиях требуются ответы на следующие вопросы:

♦ остается ли классическая парадигма ИП работоспособной сегодня и в ближайшем будущем, и в какой степени?

♦ требуют ли изменения предприятий и их внешней среды действительно новой парадигмы ИП (или, что то же, ее сдвига), то есть радикально измененной картины мира ИП?

♦ какие концепции и методы ИП правомерно и оправдано рассматривать как классические или относительно новые, но требующие дальнейших исследований и опытных разработок?

♦ какие существенно новые концепции в разных областях ИП целесообразно рассматривать в качестве объектов и направлений дальнейших исследований?

♦ каковы условия, требующие признания действительно новой парадигмы ИП, и что в этом признании может иметь объективные и субъективные основания?

Ответы на эти вопросы и их обсуждение весьма важны для определения обоснованных способов развития ИП, а также самой возможности систематического накопления знаний в этой области и для выбора форм их передачи специалистам, а также для гибкого и устойчивого применения методов ИП на практике. В данной статье на основе анализа концепций классической парадигмы ИП, ее расширений и перспектив ее развития предлагаются ответы на первые два и, частично, на третий из этих вопросов.

В разделе 1 представлены подходы и методы, использованные в исследовании. В разделе 2 приводятся результаты анализа базовых концепций классической парадигмы ИП, а также концепции, значительно дополнившие базовые и совместно с ними сформировавшие классический инжиниринг предприятий. В разделе 3 приводятся наиболее общие оценки основных сегодняшних целей

инжиниринга предприятий, часто называемого цифровой трансформацией. Концепции классической парадигмы ИП сопоставляются с указанными целями и на этой основе формируются оценки работоспособности существующей парадигмы ИП и оснований для ее замены. В разделе 4 представлена схема, отражающая расширяющуюся парадигму ИП, охватывающую применение относительно новых концепций и обсуждение радикально новых. Наконец, выявляются рамки анализа программы дальнейших исследований, необходимого для получения ответов на оставшиеся вопросы.

1. Методология исследования

1.1. Основания методологии анализа

Методологическим основанием анализа являются комплексный подход к анализу ИП, основные положения неклассической и пост-неклассической эпистемологии, а также исторический подход в применении к ценностям, которые ИП представляет предприятиям и связанным с ними людям. Принципы неклассической и пост-неклассической эпистемологии служат для расширения основы анализа в части выбора критериев для отбора категорий знаний для ИП в целом и об отдельных концепциях ИП, в частности, по отношению к инжинирингу менеджмента знаний на предприятиях. Исторический подход к ИП применяется для анализа концепций и методов ИП не в абстрактных «времени и пространстве», а в рамках конкретного исторического отрезка, обладающего определенными характеристиками среды предприятий, включая характеристики как производительных сил, так и производственных и общественных отношений и их динамики, а именно, на горизонте от начала 90-х годов XX века до 2030 года. Исторический подход применяется в его поисковом варианте, нацеленном на анализ концепций ИП с учетом будущих состояний предприятий на рассматриваемом горизонте планирования.

1.2. Определяющие точки зрения на ИП и связанные понятия

Определяющими для оценки концепций ИП выбраны точки зрения заказчиков и пользователей результатов инжиниринга, а также тех независимых консультантов, которые рассматривают трансформацию предприятий с позиций не отдельных технологий, а экономики и общества в целом. В частности, в качестве важнейших учтены как кри-

тика неоправданного навязывания методов трансформации предприятий с позиций практического маркетинга в начале XXI века [10], так и оценка практиками маркетингового управления новых возможностей спустя полтора десятилетия [11]. Также учитываются современные прогнозы и рекомендации для предприятий – лидеров так называемой «цифровой трансформации».

Используется широкое толкование понятия «парадигма» [9], позволяющее интегрировать поиски теоретических обоснований ИП с опережающим практическим развитием реального ИП, который, собственно, и дает пищу для поиска этих обоснований. Парадигма ИП рассматривается на уровне ее наиболее общих и основополагающих положений, рассматриваемых как концепции ИП. Появление новых методов, применяемых для реализации той или иной концепции, и, тем более, новых инструментов и технологий не считается сдвигом парадигмы.

Характеристики «цифровой» и «аналоговой» трактуется в соответствии с используемыми отчетами ООН и Всемирного Банка и не связаны с формой хранения и передачи данных.

2. Классическая парадигма инжиниринга предприятий и ее первые расширения

2.1. Создание классической парадигмы

Концепции классической парадигмы ИП достаточно полно представлены в известных методологиях и стандартах. Анализ возникновения и развития классического ИП через призму его архитектурной части выполнен автором в работе [12]. Поэтому далее для классического ИП описаны лишь его особенности, используемые для оценки работоспособности парадигмы.

Существенно, что более двадцати лет назад некоторые методисты высказывали мнение, что парадигма ИП как новой профессиональной дисциплины в целом определена, причем как инженерная и технологическая [13]. Однако практический ИП разрабатывался большим кругом специалистов и интегрировал более широкий набор аспектов предприятия, что позволило включить в ИП разные, часто противоположные в практике использования концепции. На определяющей для ИП конференции ICSEMIT'97 были представлены результаты целенаправленных исследований и объединения подходов специалистов Европы и Америки [14]. Однако, хотя название ИП было зафиксировано ранее на ICSEMIT'92, содержание этой дисциплины все еще требовало

определения. Вклад в него был представлен значительными проектами концептуального характера, а в работе [15] указывалось на нацеленность предложенных концепций на обеспечение успешной работы предприятий в XXI веке.

Консенсус относительно концепций ИП в основном был достигнут в 2000 году, о чем один из идеологов ИП К. Косанке (Kurt Kosanke) сообщал в работе [16]. Были приняты стандарты [1, 2], закрепившие термин «enterprise engineering» и основные концепции интеграции и моделирования предприятий, а также широкое определение термина «предприятие» и принципы выполнения ИП, в том числе, на основе применения архитектурного подхода. Эти и последующие стандарты ИП были гармонизированы с концепциями ряда методологий, до сих пор имеющих самостоятельную значимость.

2.2. Базовые концепции классической парадигмы ИП

К базовым отнесены концепции, изложенные в описаниях проектов и стандартов, фактически положенных в основу содержания ИП. В качестве таковых в данной работе, в первую очередь, рассматриваются проекты GERAM [17], CIMOSA [18], GRAI-GIM [19] и Next-Generation Manufacturing (NGM) [15], а также стандарты [1, 2]. Базовые концепции можно разделить на три условные области: концепции устройства ИП в целом, концепции отдельных компонентов или аспектов предприятия, концепции подходов к интеграции предприятия. Здесь указаны наиболее значимые и показательные концепции, а их наборы в каждой области определяются как открытые.

Базовыми концепциями классического ИП в целом являются:

- ♦ трактовка объекта ИП как предприятия, включающая целенаправленный характер его создания, модификации и функционирования, не ограничивающая юридические, экономические или иные аспекты его организации, размера и истории жизни, предусматривающая виртуальные и расширенные предприятия;

- ♦ инжиниринг предприятия как совокупность прохождения жизненных циклов, складывающихся в историю жизни предприятия, как постоянный процесс формирования и изменения описаний и моделей предприятия, их адаптации и реализации путем создания операционных компонент и контроля их функционирования;

◆ предмет и дисциплина «Архитектура предприятия» как часть ИП;

◆ многоуровневая система детализируемых и конкретизируемых описаний, иллюстративных представлений и других моделей предприятия разной степени формализации (включая глоссарии, онтологические теории, типовые (референсные) и конкретные модели, архитектурные модули), а также готовые блоки;

◆ гибкое производство и гибкая структура предприятия, управление балансом между интеграцией и децентрализацией развития предприятия.

Базовыми концепциями для компонентов предприятия являются:

◆ люди как субъекты предприятия (их роли, компетенции и особые свойства, взаимодействие друг с другом и с машинами), а также культура предприятия – общая и производственная;

◆ бизнес-модель предприятия в целом и совокупность составляющих ее моделей по разным аспектам предприятия, включая финансово-экономическую модель предприятия как часть бизнес-модели;

◆ цепочки ценностей и модели результативности предприятия и его инжиниринга, а также их интеграция;

◆ продукция и модели продукции в ее жизненном цикле, а также другие активы (ресурсы) предприятия и их модели;

◆ широкая концепция процессов предприятия, включая поведенческие акты, а также таксономии процессов;

◆ машины и технологические системы, их модели и экземпляры;

◆ информация и знания предприятия;

◆ центры принятия решений на предприятии, архитектура совокупности этих центров и их взаимосвязей;

◆ повторно используемые модули (архитектурные блоки, сервисы, стандартизованные и типовые системы, информационные ресурсы и др.) и гибкая архитектура предприятия;

◆ внешняя среда предприятия и ее компоненты, взаимодействие с партнерами в расширенном предприятии.

Базовыми концепциями подходов к интеграции предприятия являются:

◆ архитектурный анализ, проектирование и контроль как высокоуровневое управление интеграцией и развитием предприятия;

◆ стандартизация и типизация архитектур и отдельных моделей, типизация модулей;

◆ разнохарактерные представления частичных архитектур и процессов моделирования предприятия и его архитектуры, ориентированные на разных субъектов ИП;

◆ адаптация референсных методологий, архитектур и всей структуры ИП к условиям конкретной отрасли и предприятия;

◆ построение и постоянная актуализация онтологии предприятия как интегрированного формализованного описания компонентов предприятия, включая управление им, а также их свойств и взаимосвязей;

◆ многоуровневая организационная, информационная и иная интероперабельность компонент предприятия и предприятия с его партнерами;

◆ интеграция различных функциональных частей, организационных единиц и процессов предприятия;

◆ интеграция машин, компьютерных систем и людей;

◆ интеграции виртуальных и расширенных предприятий (работников, партнеров);

◆ языки моделирования, репозиторий артефактов архитектуры и всего процесса инжиниринга предприятия;

◆ применение разных моделей жизненных циклов предприятия для разных методов инжиниринга (реинжиниринг бизнес-процессов, непрерывные совершенствования процессов, и др.);

◆ интеграция рабочих процессов на основе моделей потоков работ.

2.3. Концепции XX века, дополнившие базовые концепции ИП

Одновременно с формированием базовых концепций также предлагались концепции, относящиеся к дальнейшему развитию возможностей предприятий. Эти концепции отражены в упомянутых выше документах классического ИП лишь частично, но к 2001 году уже применялись на практике. Это позволяет считать, что классическая парадигма ИП сформировалась как объединение описанных выше базовых концепций и рассмотренных ниже дополнительных концепций.

Концепции для инжиниринга киберкорпораций

Идею киберкорпорации Дж. Мартин (J. Martin) представил в публикации [20], а в 1996 году развил

в книге [21], где предложил концепции, которые для большей части предприятий казались революционными. Основой являлись требования к предприятиям оперативно реагировать на изменения, реализовывать «корпоративную нервную систему», распространяемую на партнеров и заказчиков, трансформировать предприятия на основе сетевых архитектур и постоянной эволюции корпораций как «электронных организмов».

В число концепций, в частности, вошли следующие [21]:

- ◆ подвергать реинжинирингу не бизнес-процессы, а потоки ценностей с получением ясной и измеримой пользы;
- ◆ планировать стратегические преимущества на основе наиболее важных потоков ценностей;
- ◆ реализовывать гибкость и подвижность создания и отмены сетевых организационных связей для быстрого реагирования на бизнес-возможности;
- ◆ формировать экосистемы экономики киберкорпораций как межотраслевые комбинации корпораций с динамичным управлением взаимоотношениями;
- ◆ использовать программные агенты и умные «цифровые» документы, имеющие «встроенный интеллект»;
- ◆ управлять хореографией сложных взаимодействий с партнерами в сети;
- ◆ учитывать «парадоксальное» (неожиданное, спонтанное, алогичное с точки зрения наблюдателей) поведение;
- ◆ проектировать киберкорпорацию для очень быстрой эволюции;
- ◆ проектировать части киберкорпорации как «обучающиеся лаборатории», ориентированные на постоянный эксперимент.

Часть книги [21] посвящена концепциям вовлечения людей и управления. В частности, предлагается:

- ◆ создавать привлекательную и мотивирующую рабочую среду как «захватывающее» место для максимальной творческой активности;
- ◆ производить постоянное быстрое обучение людей и всей киберкорпорации, исключать устарелое мышление;
- ◆ искать пути «гладкой трансформации» в противовес травмирующей.

По сути, эти концепции в 1996 году уже не являлись абсолютно революционными, поскольку во многом схожи с широко известными концепциями

ВРР начала 90-х годов [22]. Однако Дж. Мартин предложил новый подход, опирающийся не столько на процессы, сколько на ценности, учитывающий высокую изменчивость среды, требующий от предприятий максимально быстрой реакции как на появляющиеся возможности, так и на требования к развитию, заставляющий в максимальной степени опираться на информационные технологии для выполнения того, что через десять и более лет стало называться «цифровой трансформацией».

Концепции для Н.С.П.

В те же годы автором данной статьи в работах [23, 24], наряду с анализом существовавших подходов, была предложена система концепций создания автоматизированных систем, реализующих действующую часть всесторонне компьютеризированных предприятий. Сумма концепций получила название «новое системное проектирование» (Н.С.П.), достаточно много цитировалась и независимо от автора использовалась в университетах и исследованиях. Частично концепции Н.С.П. оказались пересекающимися с предложениями Дж. Мартина [21], а также некоторыми разработками, опубликованными позже. Поэтому рассмотрим лишь те аспекты, которые могут дополнить эти предложения:

- ◆ «информационные системы» — не технологии, а непосредственно действующая часть бизнеса (предприятия); трактуется как необходимость всегда создавать и развивать ИТ-системы в рамках проектов бизнес-инжиниринга;
- ◆ открытая, расширяемая альтернативными методиками и инструментами «мастерская ИП», в отличие от «унитарного» набора инструментов и детерминированной методики;
- ◆ полная информационная вооруженность каждого работника, вне зависимости от его позиции в организационной структуре.

Концепции для предприятий электронного бизнеса

В 1998 году П. Тиммерс (P. Timmers) в работе [25], число цитирований которой с годами продолжает расти, проанализировал бизнес-модели предприятий электронного бизнеса. В результате он, по сути, выделил концепцию «предприятие как платформа» (enterprise as a platform, EaaP), а также неявно предложил таксономию транзакционных и инновационных платформ (хотя в его работе такие названия не были использованы). В числе рассмотренных — платформы, пригодные для создания экосистем, включающих не только компании, но и конечных потребителей. П. Тиммерс указал, что эти бизнес-

модели реализуемы благодаря открытости и связности, обеспечиваемых Интернетом. В работе [25] также рассмотрены:

◆ концепция инновационных бизнес-моделей предприятий, включающих дополнительную ценность в цепочку создания ценности за счет новых методов управления информацией и новой функциональности;

◆ концепции предприятий с моделями «платформы сотрудничества» и «виртуального сообщества», которые затем стали рассматриваться как основа концепций электронного участия в электронных правительствах, и нашли применение в разных формах современного социального сетевого взаимодействия в Интернете.

О других классических концепциях ИП

В рамках публикации невозможно рассмотреть многие важные концепции классической парадигмы ИП, однако они отражены в указанных выше публикациях. В качестве примера упомянем две важные концепции, определенные в проекте NGM:

◆ в части умений и действий компаний в XXI веке: «с целью быстрого решения сложных проблем, партнерства будут формироваться на основе доверия, а не детальных контрактов» [15, p. 8];

◆ в части вспомогательных методов и технологий: «средства снижения эффекта физической и культурной сложности, делающие эффективными распределенные глобальные операции в кросс-культурной среде» [15, p. 9].

3. Общие стимулы и цели изменения предприятий в XXI веке

Для оценки работоспособности классической парадигмы ИП целесообразно выделить цели и способы развития предприятий, которые получили название «цифровая трансформация» (ЦТ), представляются актуальными на выбранном горизонте и являются наиболее общими для предприятий разных стран. Такие цели и способы развития в данной работе определяются на основе исследований Всемирного банка [26] и ООН [27, 28].

3.1. Отчет Всемирного банка «Цифровые дивиденды»

Исследование [26] скоординировано с планом устойчивого развития [29], принятого ООН на период до 2030 года. В отчете [26] цифровые технологии рассматриваются в первую очередь как Интернет и мобильная связь, а также как смежные

информационные технологии – средства анализа деловых данных (включая технологии больших данных), автоматизация работ, платформы удаленной групповой работы. Для всех отраслей, масштабов предприятий и видов деятельности рассматриваются три основных «механизма» для ЦТ [26], или, по сути дела, модели ИП: включение в информационное пространство, автоматизация и координация для повышения эффективности, экономия за счет масштаба и платформы для создания инноваций.

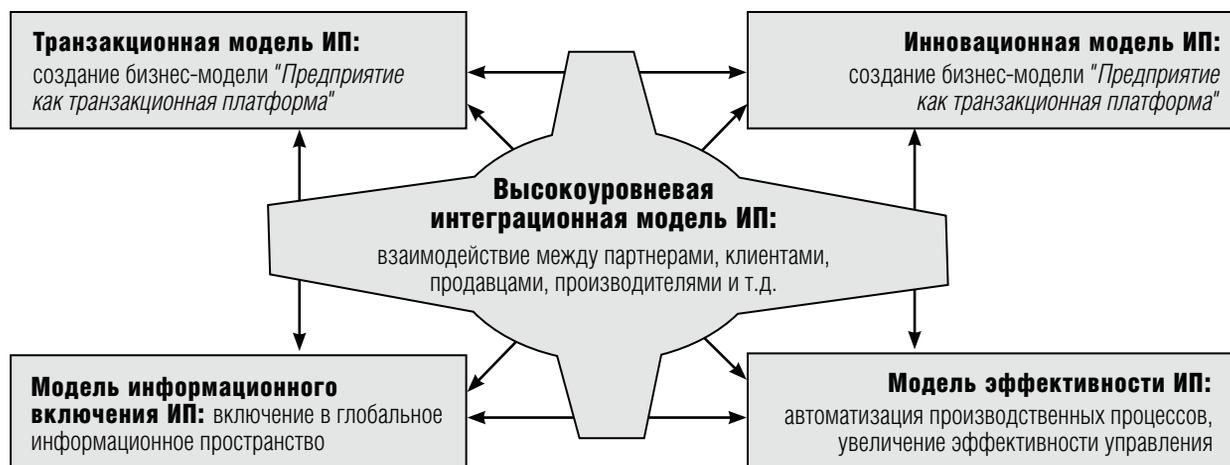
Отчет [26] показывает, что в рассматриваемой перспективе ИП будет в полной мере применяться в области ЦТ, которую мы назовем первой, – для развития и трансформации классических предприятий и процессов производства относительно традиционных изделий и услуг. Основные цели – охват большего числа субъектов рынка, ускорение реакции предприятий и повышение эффективности планирования и осуществления производственных процессов. Для этого в первую очередь применяются модели «включение» и «автоматизация и координация» (или «модель эффективности» на рисунке 1). Эти две модели находятся в нижней части рисунка 1, представляющего схему моделей ИП для ЦТ, в которой используются и расширяются идеи [26]. Также отметим, что эти модели вполне подпадают под концепции классической парадигмы ИП и в значительной степени отработаны на практике.

Для более ясного сравнения концепций классического ИП со второй актуальной областью ЦТ, рассмотренной ниже, учтем, что модель «экономия за счет масштаба и платформы» целесообразно разделить на две – «транзакционная платформа» и «инновационная платформа», помещенные в верхней части *рисунка 1*. К тому же такое разделение имеет место как в недавней таксономии платформ [30], так и в классической таксономии бизнес-моделей, использующих Интернет [25]. Объединение взаимосвязей между получившимися четырьмя моделями («механизмами» для ЦТ) на концептуальном уровне формирует интеграционную сеть и служит пятой моделью для ЦТ – «высокоуровневой моделью интеграции в ИП». Благодаря этому в данной статье схема получила название «Пятимодельная схема ИП для ЦТ».

Вторая область ЦТ охватывает предприятия (участки предприятий), производственный процесс которых нацелен на получение новых или относительно инновационных типов услуг в форме информационных и коммуникационных результа-

Для чего: сокращение транзакционных затрат, увеличение числа продавцов и заказчиков (экономия за счет масштаба работ на транзакционной площадке и удаления посредников)

Для чего: повышение конкурентных возможностей и новое качество (создание новых продуктов, их быстрое и постоянное обновление, вовлечение потребителей в сотворчество и совместную работу)



Для чего: охват наибольшего пространства для распространения продукции, привлечение клиентов и настройка на них, совершенствование рабочих процессов

Для чего: большое или даже кардинальное увеличение эффективности планирования и производства, качества услуг и изделий

Рис. 1. Пятимодельная схема ИП для цифровой трансформации предприятий

тов, в первую очередь, с применением транзакционных и инновационных платформ. Примерами применения первых являются электронные торговые площадки или перевод логистики и розовых услуг в ИКТ-сферу («уберизация» – по типу работы компании Uber). Примеры применения вторых – коллективный дизайн нового продукта на площадке совместной дистанционной работы или применение краудсорсинга для поддержки принятия решений о благоустройстве городского района. Можно отметить, что, несмотря на относительную новизну таких платформ, основные концепции и модели классического ИП работают и в таком инжиниринге.

На лидирующую позицию по эффекту цифровой трансформации отчет [26] выводит обеспечение связности организаций и людей посредством Интернета и мобильной связи. Научные методы и интеллектуальные технологии ИП при этом, безусловно, важны. В классическом ИП они применяются, в первую очередь, в рамках модели «автоматизация и координация» (на рисунке 1 – «модель эффективности в ИП»), но постепенно распространяются на взаимодействия субъектов и механизмов, а также на транзакционные и инновационные платформы. Однако в отчете [26] эти методы рассматриваются во вторую очередь, скорее всего, просто потому, что ЦТ за счет связности еще долго будет являться первоочередной.

3.2. Отчеты ООН 2014 и 2016 годов о развитии электронных правительств

Отчеты ООН [27, 28] дополняют отчет [26] анализом развития публичного сектора. Их выводы совпадают с выводами отчета [26], но уточняют некоторые требования к ИП. В частности, отмечается необходимость:

- ♦ использовать в ИП концепцию не только информационной, но и процессной связности организаций публичного сектора между собой, с предприятиями других типов и с индивидами, что повышает изменчивость и сложность управления предприятиями и требования к безопасности;

- ♦ обеспечивать в ИП требования «электронного участия» граждан для достижения не личных, а общих для города, региона и страны целей.

Следует отметить следующее:

- ♦ инжиниринг информационной и процессной связности организаций и систем давно входит в ИП. При этом в течение двух десятилетий его концепции фиксируются в стандартах интероперабельности [31], однако проблемы с работоспособностью методов реализации этих концепций требуют проведения дальнейших НИОКР;

- ♦ отчеты [27] и [28] указывают на проблемы и риски нетехнологического характера в инжиниринге экосистем с активно действующими пользователями, что требует исследований и включения кон-

цепций управления как этими, так и пока еще не известными рисками в ИП.

4. Оценка работоспособности классической парадигмы ИП и характера ее развития

4.1. Работоспособность классической парадигмы ИП

Выше были выделены две основные области ЦТ: развитие классических производств и получение новых типов информационных и коммуникационных результатов. Также были сформулированы оценки достаточно полной работоспособности концепций классической парадигмы ИП для первой области. Следует отметить, что этот вывод распространяется и на столь мощное направление, как Industry 4.0, где инжиниринг предприятий выполняется с таким высоким уровнем автоматизации и связности, который дает действительно большой и явный прирост эффективности, но, по сути, все еще осуществляется в рамках классических концепций.

Ранее также был сделан вывод о применимости классической парадигмы ИП для второй, относительно более новой области ЦТ. Однако ее относительная новизна требует более детального подхода к оценке этой области и применения для нее классических концепций ИП. В частности, полезна сравнительная оценка объемов трансформаций в указанных двух областях, а также оценка затрат на модернизацию существующих бизнес-процессов и ИТ-систем, необходимую для внедрения инновационных решений. Точные оценки глобальных объемов работ в этих областях отсутствуют, однако объем модернизации основных производственных процессов для классических изделий и услуг понимается как во много раз больший, чем объем в чистом виде инновационных работ. В поддержку этой оценки сошлемся на оценку Gartner для перспективы ближайших лет [32], состоящую в том, что к 2019 году каждый доллар, инвестируемый в инновации, потребует дополнительных семи долларов на модернизацию ядра существующих бизнес-процессов и производственных систем.

В более длительной перспективе пропорция будет меняться, но емкости традиционных рынков консервативны, а появление новых разновидностей и даже типов изделий будет требовать дальнейшей модернизации и основных процессов, и производственных систем, т.е. продолжения транс-

формаций, выполняемых в рамках классической парадигмы ИП. Кроме того, будут сохраняться взаимодействия «традиционных» и «новых» предприятий (их участков), в том числе, отражаемые в высокоуровневой интеграционной модели на *рисунке 1*. Отметим, что эти взаимодействия работают в рамках одного предприятия или между предприятиями-партнерами (аналогичный вывод содержится и в отчете [26]). Это означает, что парадигма ИП должна включать концепции, которые относятся не только к «цифровым лидерам», но к предприятиям или частям предприятий разного типа и уровня «цифровизации», в том числе, к взаимодействиям таких разнотипных предприятий и их участков.

Поэтому глобальный характер задач ЦТ и уровень развития реальных производств позволяют сделать прогноз, что в рассматриваемой перспективе классическая парадигма ИП будет работоспособной в подавляющем большинстве случаев инжиниринга для обеих областей трансформации.

4.2. Открытость и характер развития парадигмы

Работоспособность классической парадигмы ИП также опирается на возможность использовать в ИП новые концепции параллельно или даже совместно с классическими, а также применять альтернативные концепции. В качестве примеров концепций, сформулированных уже в первом десятилетии XXI века, можно выделить следующие:

✦ использование (в отличие от искоренения) проявлений общекультурного и профессионального мультикультурализма для обогащения работы (что формулировалось в работе [3]);

✦ вовлечение клиентов в активное сотворчество в экосистеме предприятия (что формулировалось и обеспечивалось методически в работах [27, 33]), в отличие от предложения им однотипной продукции (возможно, с подгонкой под потребителя).

В качестве примера классических альтернативных концепций ИП можно привести требования к ИП осуществлять все работы строго инженерно-аналитическими методами («технократическая концепция») и требования в первую очередь трансформировать человеческие отношения и философию работы, начиная со способов поведения менеджеров («гуманитарная концепция»). Проблемы в практическом совместном применении этих концепций достаточно велики, что требует создания дополнительных методов их гармоничного сочета-

Таблица 1.

Расширяющаяся парадигма инжиниринга предприятия: общий план развития

	Период времени (ориентировочно)			
	1992–2000	1995–2000	2001–2010	2011–2016–2030
Набор предложенных концепций ИП	Базовые концепции ИП	Концепции ИП, дополнительные к базовым	Относительно новые, уже работающие концепции ИП	Существенно новые концепции, в т.ч. ожидаемые в будущем
Начальное состояние парадигмы ИП	Классическая парадигма инжиниринга предприятия			
Текущее действующее состояние парадигмы ИП			Расширенная классическая парадигма ИП	
Общий характер развития парадигмы ИП	Постоянно расширяющаяся парадигма инжиниринга предприятия			

ния, однако обе они входят в классическую парадигму, обогащая ее.

Существуют и другие проблемы в практике применения ИП (в частности, проблема реализации концепции интегрированной онтологии и смежная с ней проблема интероперабельности), более детальный анализ которых предполагается рассмотреть в отдельной публикации. Важно отметить, что задачи, связанные с недостатками методов и инструментов реализации концепций или отсутствием адекватной концепции, до сих пор решались (когда они могли быть решены) за счет открытости дисциплины ИП как системы. Это выразилось в постоянном расширении ИП за счет новых методов, инструментов и даже концепций, что не ограничивалось базовыми стандартами [1, 2].

С учетом сказанного предлагаются следующие ответы на первые вопросы из поставленных во Введении:

- ◆ концепции классического ИП остаются полностью работоспособными для большей части предприятий, взаимодействующих между собой;

- ◆ в рамках рассматриваемого горизонта «картина мира ИП» претерпевает расширение, но ее радикального изменения не наблюдается; поэтому нет оснований говорить о необходимости новой парадигмы ИП или радикальном сдвиге существующей парадигмы.

Предполагается, что при прогнозируемом развитии технологий и предприятий на рассматриваемом горизонте новые работоспособные концепции ИП могут и далее использоваться вместе с классически-

ми, а также с их расширениями. Это касается и таких существенно новых концепций, как, например, инжиниринг неклассических форм управления в условиях высокой неопределенности или инжиниринг многоагентных систем с акторами разных типов, инкорпорирующих в предприятие субъектов-роботов. Таким образом, можно говорить о вполне определенном характере развития ИП, а именно, о постоянно расширяющейся парадигме ИП, общий план развития которой показан в *таблице 1*. В данной таблице уже работающие новые концепции, сформулированные в начале XXI века, названы относительно новыми, а результат включения этих концепций в ИП назван расширенной классической парадигмой ИП.

Отметим, что многие публикации, использующие слова о новой парадигме, или, что то же самое, о радикальном сдвиге парадигмы ИП, в реальности предлагают скорее варианты компонент ИП. Примерами могут служить еще один вариант фреймворка для ИП [4], еще одна методика согласования бизнеса и ИТ [8] или какой-либо метод или вариант инструментального языка. Эти новые компоненты ИП могут претендовать на расширение практики ИП, но не на изменение «картины мира ИП»². Статья [34] в своем более основательном заключении говорит о необходимости выполнения большой серьезной работы для формирования новой парадигмы для ответа на «великие вызовы»; при этом, проработка новых проблем ожидается примерно к 2025 году. Однако, анализ, изложенный выше в данной статье, показал, что многие из указанных в [34] «великих вызовов» получают ответ без смены парадиг-

² Автор данной работы в 2013 году уступил прессингу мейнстрима и назвал «новой парадигмой» систему актуальных принципов ИП, предложенную в работах [6, 9]. Здесь это обозначение дезавуируется по рассмотренным выше причинам. При этом содержание работ [6, 9] остается корректным и конструктивным.

мы ИП, хотя изменение значения самого понятия «предприятие» действительно может потребовать изменения «картины мира ИП» в будущем.

Заключение

Период с 1992 года предположительно по 2030 год характеризуется возникновением набора новых факторов, сильно влияющих на предприятия, а также сознательными усилиями по учету этих факторов в ИП. К таким факторам относятся новые технологические возможности, сопровождающиеся новыми рисками, резкий рост изменчивости и неопределенности среды предприятий, а также ряд других. Вместе с тем природа целенаправленного создания и функционирования предприятий в целом сохраняется, концепции классической парадигмы ИП предвосхитили большую часть указанных факторов, а возникающие новые концепции могут применяться параллельно и, зачастую, совместно с классическими, даже если являются альтернативными им.

В результате в рамках рассматриваемой перспективы «картина мира ИП» претерпевает расширения и изменения, но радикального сдвига парадигмы не происходит. Есть основания считать, что на всем рассматриваемом горизонте мы имеем дело с постоянно расширяющейся парадигмой ИП, способной учитывать изменения среды, использовать новые методы и технологии. Этому способствует как открытый характер набора концепций в стандартах

и методологиях инжиниринга и архитектуры предприятий, так и большая постепенность изменения глубинного характера самих предприятий.

Вместе с тем, в применении концепций ИП наблюдаются проблемы, для решения которых необходимо дальнейшее развитие реализующих их методов и инструментов. Кроме того, растет актуальность новых концепций инжиниринга, которые еще недавно относили к области футурологии. В связи с этим в рамках отдельной публикации планируется проанализировать проблемы применения некоторых важнейших концепций ИП – как классических, так и новых, а также выделить для некоторых из них направления дальнейших НИОКР.

Этот анализ также будет связан с определением условий, при которых переход на действительно новую парадигму ИП станет оправданным. Анонсируя публикацию следующей части результатов анализа изменений ИП, можно сказать, что эти условия пока связываются в первую очередь не с технологиями, не с новыми производительными силами, а с изменением производственных отношений, которые формируют основные характеристические свойства предприятия (например, связанными с новыми ценностями для потребителя и для предприятия). То есть, формирование новой парадигмы может стать объективно оправданным при радикальном изменении значений понятий «предприятие» и «ИП». Также важно будет разделить объективные и субъективные основания для формирования новой парадигмы ИП. ■

Литература

1. ISO 14258:1998(en). Industrial automation systems – Concepts and rules for enterprise models (with Cor.1:2000, p.6).
2. ISO 15704:2000(en). Industrial automation systems – Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies (With Am.1: Additional views for user concerns. 2005, 17 p.).
3. Pedersen P.B. Multiculturalism and the paradigm shift in counselling: Controversies and alternative futures // Canadian Journal of Counselling. 2001. Vol. 35. No. 1. P. 15–25.
4. The discipline of enterprise engineering / J.L.G. Dietz [et al.] // International Journal of Organisational Design and Engineering. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 86–114.
5. Тельнов Ю.Ф. Эволюция парадигмы «инжиниринг предприятия» // Сборник научных трудов XVI конференции «Инжиниринг предприятия и управление знаниями» (ИП&УЗ – 2013), 25–26 апреля 2013 г., г. Москва. М.: МЭСИ, 2013. С. 294–298.
6. Гузик С.В., Зиндер Е.З., Юнатова И.Г. Новая парадигма инжиниринга предприятия и управление соответствием между рабочими процессами и компетентностью их исполнителей // Сборник научных трудов XVI конференции «Инжиниринг предприятия и управление знаниями» (ИП&УЗ – 2013), 25–26 апреля 2013 г., г. Москва. М.: МЭСИ, 2013. С. 90–100.
7. Зиндер Е.З. Новое в архитектуре предприятий и их ИТ-систем: возможности и риски // Сборник трудов 7-й Международной конференции «Современные технологии управления предприятием и возможности использования информационных систем: состояние, проблемы, перспективы», 30–31 марта 2012 г., г. Одесса, Украина. Одесса: ОНУ, 2012. С. 148–152.

8. A new paradigm for continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modeling and enterprise ontology / K. Hinkelmann [et al.] // *Computers in Industry*. 2016. No. 79. P. 77–86.
9. Зиндер Е.З. Формирование системы понятий и принципов как база новой парадигмы инжиниринга предприятий // Сборник научных трудов XVII конференции «Инжиниринг предприятия и управление знаниями» (ИП&УЗ – 2014), 24–25 апреля 2014 г., г. Москва. М.: МЭСИ, 2014. С. 118–126.
10. Stroud D.J. The impact of the new technologies – Permanent paradigm shift or transitory aberration? // *Interactive Marketing*. 2002. vol. 4. No. 2. P. 144–155.
11. Jackson G., Ahuja V. Dawn of the digital age and the evolution of the marketing mix // *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*. 2016. Vol. 17. No. 3. P. 170–186.
12. Зиндер Е.З. Архитектура предприятия в контексте бизнес-реинжиниринга. Часть 1 // *Intelligent Enterprise*. 2008. № 4 (10 марта 2008 г.). С. 46–51. [Электронный ресурс]: <https://www.iemag.ru/master-class/detail.php?ID=15745> (дата обращения 29.10.2016).
13. Liles D.H., Johnson M.E. Meade L. The enterprise engineering discipline // *Proceedings of the Fifth Annual Industrial Engineering Research Conference*, May 1996, Minneapolis. P. 479–484.
14. Kosanke K., Nell J.G. (eds.) Enterprise engineering and integration: Building international consensus // *Proceedings of ICEIMT'97 International Conference on Enterprise Integration and Modelling Technology*, 28–30 October 1997, Torino, Italy. Springer-Verlag, 1997.
15. Bloom H.M. Enterprise integration – A United States view // *Proceedings of ICEIMT'97 International Conference on Enterprise Integration and Modelling Technology*, 28–30 October 1997, Torino, Italy. Springer-Verlag, 1997. P. 6–19.
16. Kosanke K., Vemadat F.B., Zelm M. Enterprise engineering and integration in the global environment // *Advances in Networked Enterprises*. N.Y.: Springer, 2000. P. 61–70.
17. IFIP–IFAC Task force on architectures for enterprise integration. GERAM: Generalised enterprise reference architecture and methodology. Version 1.6.3, March 1999.
18. Vernadat F.B. The CIMOSA languages. Handbook on architectures of information systems. Springer-Verlag, 1998. P. 243–264.
19. Chen D., Doumeingts G. The GRAI-GIM reference model, architecture and methodology. Architectures for enterprise integration. Series “IFIP advances in information and communication technology”. Springer, 1996. P. 102–126.
20. Martin J. Evolution of a species // *Computerworld*. 1995. Vol. 29. No. 15. P. 37.
21. Martin J. Cybercorp: The new business revolution. N.Y.: Amacom (American Management Association), 1996.
22. Hammer M., Champy J. Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution. N.Y.: Harper Business, 1993.
23. Зиндер Е.З. Новое системное проектирование: информационные технологии и бизнес-реинжиниринг. Часть 3 // СУБД. 1996. № 2. С. 61–76.
24. Зиндер Е.З. Проектирование баз данных: новые требования, новые подходы // СУБД. 1996. № 3. С. 10–22.
25. Timmers P. Business models for electronic markets // *Electronic Markets*. 1998. Vol. 8. No. 2. P. 3–8.
26. Digital dividends. World development report. International Bank for Reconstruction and Development, 2016.
27. United Nations e-Government survey 2014. E-Government for the future we want. N.Y.: United Nations, 2014.
28. United Nations e-Government survey 2016. E-Government in support of sustainable development. N.Y.: United Nations, 2016.
29. Sustainable Development. Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development. United Nations, 2015 [Электронный ресурс]: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (дата обращения 29.10.2016).
30. Evans P.C., Gawer A. The rise of the platform enterprise (A global survey) // *The Center for Global Enterprise. The Emerging Platform Economy Series*. 2016. No. 1.
31. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2012.
32. Top strategic predictions for 2017 and beyond: Surviving the storm winds of digital disruption / D.C. Plummer [et al.]. Gartner, 2016. [Электронный ресурс]: <https://www.gartner.com/doc/3471568?ref=unauthreader&srcId=1-6595640685> (дата обращения 29.10.2016).
33. Zinder E.Z., Yunatova I.G. Synergy for digital transformation: Person’s multiple roles and subject domains integration // *Proceedings of the Conference “Digital Transformations & Global Society” (DTGS 2016)*, 23–24 June 2016, St. Petersburg, Russia. Springer International Publishing. 2016. Vol. 674. P. 155–168.
34. Exploring the future of enterprise architecture: A Zachman perspective / J. Lapalme [et al.] // *Computers in Industry*. 2016. No. 70. P. 103–113.