

# Из истории цифровой энергетики ЕС или энергопотребление близкое к нулю - переход нормативных решений ЕС к онтологиям энергетики, BIM и зданий

А.А. Климов, В.П. Куприяновский, И.В. Понкин, М.Г. Король, А.В. Акимов

**Аннотация**— Настоящая статья посвящена цифровой энергетике. Сегодня, европейское здание отвечает за, приблизительно, 40% потребления энергии, 36% выбросов CO<sub>2</sub> и 55% потребления электроэнергии. Следовательно, нужна сбалансированная система не только пассивного энергосбережения в зданиях, но и создания в них условий для активного участия их в энергетике. Директивы ЕС поощряют использование инфо-коммуникационных и интеллектуальных технологий для обеспечения эффективной эксплуатации зданий и внедрения систем автоматизации и управления зданиями в качестве альтернативы физическим осмотрам. Интеллектуальные технологии продвигаются, например, через требования к установке систем автоматизации и управления зданиями и устройствам, которые регулируют температуру на уровне помещения. Инфо-коммуникационные и интеллектуальные технологии имеют большой потенциал для снижения энергопотребления в зданиях до 25-30% от существующих уровней или почти нулевое потребление энергии. Основным информационным инструментом реализации этих положений выступили формализованные онтологии. Одним из базовых стал BIM (Информационное моделирование здания), последовательное применение которого определяет процесс создания и управления информацией в цифровом виде в течение всего жизненного цикла здания. В статье рассматриваются проекты ЕС, связанные с BIM и направленные на развитие способности интегрировать информацию о зданиях и создание среды для совместной работы.

**Ключевые слова**—Умный город, BIM, онтологии.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Есть крайне простые соображения, заключающиеся в том, что все, что связано с энергетикой, служит для обслуживания различных нужд и потребностей

Статья получена 20апреля 2019.

А.А. Климов – РУТ (МИИТ) (email: aaklimov1961@gmail.com).

В.П. Куприяновский - МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: v.kupriyanovsky@rut.digital)

И.В. Понкин - Институт государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (e-mail: i@lenta.ru)

М.Г. Король - buildingSMART Россия; ООО «КОНКУРАТОР» (email: marina.korol@concurator.ru)

А.В. Акимов - Департамент транспорта и развития дорожнотранспортной инфраструктуры города Москвы (email: akimov\_post@mail.ru)

человека. Основное место приземления этого обслуживания – здания и сооружения (далее здания) где собственно и проходит жизнь человека в 21 веке. Эту мысль подтверждает и статистика. Так, европейское здание отвечает за приблизительно 40% потребления энергии, 36% выбросов CO<sub>2</sub> и 55% потребления электроэнергии [13]. Таким образом, интуитивно понятная номинация о главной роли здания как окончательной, а сегодня уже и активной части современной энергетике находит свое подтверждение. В работах [7 - 11] уже говорилось о значительных экономических возможностях онтологий BIM в строительных процессах создания зданий, но в физическом мире, к которому относятся здания, изменения не происходят столь стремительно, как в цифровом. Между тем история цифровой энергетики насчитывает уже не одно десятилетие, и она так же развивается в правовых рамках в частности в ЕС.

Статистика подтверждает, что 40% строительного фонда в ЕС является относительно старым «до 1960 года» и 90% до 1990 года. Каждый год новые постройки в Европе составляют около 1% строительного фонда. В этом контексте, Европейский Институт Строительных Работ (BPIE) включил несколько анализов по строительному фонду, энергетическим характеристикам зданий по возрасту. Старые здания несут ответственность за значительное количество энергии; следовательно, они имеют значительный потенциал для повышения энергоэффективности.

Нежилые здания составляют 25% общей площади зданий в ЕС [13]. Следовательно, нужна сбалансированная система не только пассивного энергосбережения в зданиях, но и создания в них условий для активного участия их в энергетике, а так же ясные правовые рамки, чтобы иметь существенные успехи в энергоэффективности зданий, а также необходимые инструменты, сегодня все более цифровые. В работе [8] есть развернутое представление о состоянии применения онтологических подходов к организации работы правительств ЕС и приводятся данные по экономике их применения. Так как изначально в ЕС современные системы строятся на базе онтологических блоков, и их использование в отраслевых системах предполагается и поощряется, то эту общая часть можно посмотреть в [8].

## II. ДИРЕКТИВА ЕС ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ (EPBD), КАК ПРАВОВАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Основой решения этого вопроса на уровне правовых норм является Директива по энергоэффективности зданий (EPBD), которая является основным законодательным инструментом Европейского Союза для повышения энергоэффективности европейского строительного фонда [1]. Директива была разработана с целью выполнения требований Киотского протокола, который обязывает все входящие в ЕС страны уменьшить выбросы в атмосферу углекислого газа, сегодня она уже вписывается в Парижское соглашение на ту же тему.

Первая версия EPBD, директива 2002/91/ЕС, была утверждена 16 декабря 2002 года и вступила в силу 4 января 2003 года. Государства-члены ЕС должны были имплементировать Директиву в течение трех лет с момента создания путем принятия необходимых законов, положений и административных положений. В случае отсутствия квалифицированных и/или аккредитованных экспертов, директива допускала дальнейшее продление срока внедрения до 4 января 2006 года [2].

В соответствии с Директивой во всех государствах-членах ЕС были введены следующие обязательства [3]:

- Единая методика расчета и оценки интегрированных энергетических характеристик зданий;
- Система сертификации энергоэффективности для новых и существующих зданий;
- Регулярные проверки систем отопления и кондиционирования;
- Минимальные стандарты энергоэффективности для новостроек и существующих зданий, проходящих капитальный ремонт с полезной площадью более 1 000 м<sup>2</sup>.

Директива 2002/91/ЕС позднее была заменена так называемым «обновлением EPBD», которое было утверждено 19 мая 2010 года и вступило в силу 18 июня 2010 года (Директива 2010/31/ЕС), с крайним сроком имплементации - июль 2012 года [4]. Обновленный текст разъяснил, укрепил и расширил сферу действия директивы 2002 года. К ключевым изменениям относятся:

- Разработка основы сравнительной методологии для расчета оптимальных по стоимости уровней минимальных требований к энергоэффективности;
- Расширение требования обеспечить минимальный уровень энергоэффективности для всех зданий, проходящих капитальный ремонт;
- Все новые здания будут иметь почти нулевое потребление энергии к декабрю 2020 года (к декабрю 2018 года для зданий органов государственной власти);
- Требование для государств-членов перечислять финансовые стимулы для обеспечения перехода к почти нулевому потреблению энергии в зданиях;
- Обязательная энергетическая сертификация для

всех построенных, проданных или сданных в аренду объектов;

- Государства-члены должны принять необходимые меры для создания схем инспекции систем отопления и кондиционирования воздуха или принять меры с эквивалентным воздействием;

- Требование для государств-членов устанавливать штрафы за несоблюдение требований энергоэффективности.

30 ноября 2016 года в рамках пакета «Чистая энергия для всех европейцев» Еврокомиссия опубликовала предложение по пересмотру директивы EPBD (COM/2016/0765) [5].

Совет ЕС согласовал свою позицию по этому предложению 26 июня 2017 года [6].

В частности, это предложение предполагает, что будут:

- внедрены системы автоматического контроля зданий в качестве альтернативы физическим осмотрам и поощряет развертывание необходимой инфраструктуры для систем e-mobility
- укреплены связи между государственным финансированием реконструкции зданий и сертификатами энергоэффективности.

Все выпущенные EPBD поощряют использование ИКТ и интеллектуальных технологий для обеспечения эффективной эксплуатации зданий и внедрения систем автоматизации и управления зданиями в качестве альтернативы физическим осмотрам. Интеллектуальные технологии продвигаются, например, через требования к установке систем автоматизации и управления зданиями и устройствам, которые регулируют температуру на уровне помещения. ИКТ и интеллектуальные технологии имеют большой потенциал для снижения энергопотребления в зданиях до 25-30% от существующих уровней или почти нулевое потребление энергии.

## III. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ ЕС ПО ЗДАНИЯМ С ПОЧТИ НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

Основным информационным инструментом реализации этих положений выступили формализованные онтологии. Одним из базовых стал BIM (Информационное моделирование здания), последовательное применение которого определяет процесс создания и управления информацией в цифровом виде в течение всего жизненного цикла здания. Эта информация, включенная в модель, является не только трехмерными геометрическими данными, такими как ширина, высота и глубина, но и «ориентирована на объект» и потенциально включает в себя дополнительные измерения, такие как время (4D), стоимость (5D) и операция (6D). Следует сказать, что здания как отражение человеческого бытия 21 века существенно отличаются друг от друга и принадлежат разным доменам. Конечно, и разные природные условия размещения зданий накладывают свои существенные особенности, как и исторически сложившаяся правовая

база. Важно, что все остальные формальные онтологии принципиально возможно транспарентно соединить между собой для каждого конкретного домена на базе формализованных онтологий BIM, но это все равно огромная работа.

Первая европейская конференция по BIM и энергетическим характеристикам зданий (организованная INIVE EEIG от имени платформы QUALICHECK) была проведена в июне 2018 года. Она, в значительной мере, подвела этой работе некоторые итоги. Цель состояла в том, чтобы представить статус BIM, а также возможности и проблемы, связанные с использованием BIM для нормативной оценки энергетических характеристик зданий.

В ходе конференции представители Европейской комиссии осветили инициативы ЕС по декарбонизации строительного сектора и энергосбережению. По их мнению, BIM играет ключевую роль, так как оцифровка информации о процессе предоставляет уникальный инструмент для контроля и оптимизации энергосберегающих факторов на протяжении всего жизненного цикла здания. Это применимо для новых строительных и ремонтных проектов.

В качестве первоначального стимула Европейский Союз принял инициативы, направленные на поощрение внедрения BIM в государственном секторе. Проект группы EUBIM, которая совместно финансируемая ЕС, является целевой группой, объединяющей национальные усилия в единый и согласованный европейский подход. EUBIM стремится поощрять использование BIM в общественных работах с общей целью улучшения соотношения цены и качества, качества и устойчивой конкурентоспособности строительного сектора.

EUBIM опубликовал Справочник по внедрению информационного моделирования зданий в европейском государственном секторе в еще 2017 году. Потом он был переведен и опубликован на 18 языках и является центральным ориентиром для внедрения BIM в государственном секторе Европы. Справочник адресован пользователям государственной политики, национальным и местным клиентам, закупщикам и операторам. Целью данного пособия является предоставление клиентам из государственного и государственного сектора строительства знаний, необходимых для обеспечения необходимого лидерства в его цепочке промышленных поставок. В частности, в разделе 3.1 представлены рекомендации по принятию BIM как части национальной стратегии для каждого государства-члена. Чтобы помочь владельцам государственной собственности и политикам сосредоточить свои усилия, определены четыре стратегических области: установление общественного лидерства, информирование о видении и вовлечение промышленности, создание основ сотрудничества и растущее признание и потенциал отрасли.

Еще две важные инициативы, направленные на поддержку развития технологий и процессов и укрепление знаний и навыков в строительном секторе, представлены Horizon 2020 и следующей Horizon Europe (запланированная 7-летняя программа научных

исследований и инноваций, которая будет продолжаться после H2020 в течение 2021-2027 годы).

Европейская комиссия и строительная отрасль, представленная Комитетом по европейскому строительству по энергоэффективным зданиям (E2B) и Технологической платформой по строительству экологически чистых и энергоэффективных зданий (ECTP), выступили с совместной инициативой по содействию исследованиям новых методов и технологий в целях ускорить сокращение использования энергии в новых и реконструированных зданиях и повысить конкурентоспособность промышленности Европы.

Государственно-частное партнерство (ГЧП) по энергоэффективным зданиям привлекло высокий уровень участия и помогло строительному сектору в разработке доступных решений на уровне зданий и районов. Одно из договорных обязательств по ГЧП состоит из мониторинга воздействий, пригодных для использования результатов и достигнутых или ожидаемых выгод от проектов. В обзоре проекта EeB PPP 2018 года перечислены 168 проектов, совместно финансируемых в рамках EeB PPP в рамках 7-й Рамочной программы (FP7) и в рамках Horizon 2020. Из общего числа 18 проектов связаны с BIM и направлены на развитие способности интегрировать информацию о зданиях и создание среды для совместной работы, и были разработаны симуляции создания широкого спектра специальностей.

Функциональная совместимость информации - в BIM функциональная совместимость определяется как способность различных программ обмениваться данными через общий набор форматов обмена, читать и записывать одинаковые форматы файлов и использовать одни и те же протоколы. Что касается конкретно строительной отрасли, то разные команды, организации, дисциплины, фазы и инструменты смешаны, поэтому совместимость или транспарентность является ключом к обмену информацией, гарантируя, что данные, полученные на одном этапе, могут использоваться всеми заинтересованными сторонами на всех этапах и позволяют им использовать инструменты, с которыми они наиболее продуктивны. Чтобы иметь возможность работать совместно, разные участники должны иметь больше, чем просто способность передавать информацию, они должны иметь возможность передавать смысл при обращении к общей справочной модели обмена информацией. Именно так проекты сталкиваются с темой семантической совместимости. Приведем далее данные по некоторым проектам ЕС.

Проект SWIMing ЕС рассмотрел более 100 проектов EeB, подробно проанализировал 53 проекта и привел к 49 тематическим исследованиям из 33 проектов, имеющих особое отношение к BIM и функциональной совместимости. Исследования проекта были необходимы для определения общих требований к данным, содействия гармонизации данных для улучшения взаимодействия и определения того, где можно использовать связанные технологии открытых данных, чтобы сделать данные более доступными и, следовательно, более простыми в использовании.

Имея данные открытого онтологического BIM и энергетические характеристики зданий - между BIM и энергетическими характеристиками можно установить несколько синергий. Определяющую роль для синергетических расчетов имеет способность моделей BIM собирать данные различных типов зданий, такие, как местоположение, геометрия, использование, тип конструкции, установки, настройки комфорта, поддерживает получение более надежных результатов, избегая ошибок и несогласованностей, экономя время и усилия и сводя к минимуму неопределенности в построение процессов моделирования энергии для получения оптимального результата.

Проект HESMOS предоставляет расширенные возможности моделирования лицам, принимающим решения, на протяжении всего жизненного цикла зданий с учетом экономии энергии, инвестиций и затрат на жизненный цикл. Это устраняет разрыв между информационным моделированием зданий и системами автоматизации зданий, так что решения могут быть приняты экономически (связанные с энергией и затратами) на всех этапах жизненного цикла.

Проект MORE-CONNECT, завершившийся в ноябре 2018 года, позволил значительно сократить сроки строительства благодаря сборным многофункциональным элементам модульной реконструкции. Положительный вклад в сопоставление 3D-сканирования и модели BIM позволил собрать более точные данные о геометрии здания и технических условиях.

Целью проекта STREAMER является снижение энергопотребления и выбросов углекислого газа из медицинских учреждений в ЕС с использованием семантических методов проектирования и функционально совместимых инструментов. Поскольку сфера проектирования охватывает несколько измерений, роль взаимодействия между информационным моделированием зданий (BIM) и геопространственными информационными системами (ГИС) имеет решающее значение для новой методологии проектирования. На этапе проектирования, направленного на оптимизацию энергопотребления, необходимо обратить внимание на взаимосвязи между архитектурными системами и системами MEP / HVAC, а также на взаимосвязь моделирования жизненного цикла продукта, систем управления зданием, BIM и ГИС. Проект ЕС n0e-sport (Nearly Zero-Energy Sports Facilities), так же завершившийся, как и STREAMER, решал эту задачу для спортивных зданий.

Процесс моделирования и использование данных в BIM касается не только данных (модели), но и процесса (моделирования), что означает переход от локальных решений для обеспечения взаимодействия на основе обмена файлами к облачным средам совместной работы, которые помогают лучше решать и поддержка бизнес-процессов.

Так проект ЕС eeEmbedded разрабатывает открытую платформу для совместного проектирования и моделирования на основе BIM, что соответствует целям ЕС по созданию единого строительного рынка.

Связанная методология онтологического проектирования, рассматриваемая в eeEmbedded (как, впрочем, и в STREAMER), основанная на иерархически проверяемых контрольных точках (Ключевые параметры проектирования и Ключевые показатели эффективности), информационной модели энергетической системы и интегрированной платформе управления информацией для проектирования энергоэффективных зданий и их оптимального энергетического встраивания в окрестности позволяет заранее проектировать необходимые свойства здания, в том числе по энергосбережению.

Основной целью проекта HOLISTEEC является проектирование, разработка и демонстрация программной платформы для совместного проектирования зданий на основе BIM с расширенной поддержкой проектирования для многокритериальной оптимизации здания. Платформа учитывает все физические явления на уровне здания, а также внешние воздействия на уровне соседних строений.

Реконструкция существующих зданий - проект Pro-GET-OnE объединяет предварительно собранные компоненты с высочайшими характеристиками с точки зрения требований к энергии (добавление новых высокоэнергетических оболочек с технологией plug-and-play), безопасностью (с использованием соответствующих стальных конструкций для уменьшения горизонтальных нагрузок и реализация структурной безопасности при поддержке новых оболочек) и социальной устойчивости (повышение желательности вариантов модернизации). Процесс производства компонентов на внешних заводах, их поставка на строительную площадку и процедуры сборки на месте оптимизированы с помощью процесса на основе BIM для максимизации рабочего процесса и эффективности проекта.

После выхода Директив в ЕС уже практически развернуто огромное число проектов ЕС по этому направлению и если ранее строились такого онтологические конструкции, например, для медицинских зданий (проект - Streamer) или всех спортивных сооружений (проект - n0e-sport), то сегодня это уже самый сложный домен - жилые дома которые принадлежат огромному числу разных собственников. Проектов в этом отношении в ЕС множество укажем для примера только два - HEART и INBETWEEN, материалы которых мы в этой работе используем.

Как и в случае проекта Streamer (и многих других) строится мостик от онтологий и форматов BIM (IFC) к онтологиям цифрового интернета (W3C - OWL) для конкретного домена примерно следующим образом : классы отраслевого фонда (IFC) [15] - это открытый формат данных для передачи информации и данных, связанных со зданиями и их строительством. ifcOWL [16] - это представление IFC в формате [17] языков веб-онтологий (OWL).

IfcOWL служит графовой моделью в формате Resource Description Framework (RDF), которую можно использовать вместе с веб-технологиями для связи данных здания с различными внутренними и внешними

данными, такими как: данные о материале, данными датчиков (IoT) или данными ГИС. Онтология может быть реализована непосредственно из моделей IFC с использованием доступных инструментов [14].

Однако в зданиях применимы очень многие онтологии, но так как сегодня, как и в случае с онтологиями сетевой энергетики, уже есть положительный опыт применения онтологических стандартов M2M и SAREF совместно с BIM, а так же ищутся отображения и выравнивания этих двух онтологических стандартов между собой (рисунок 2), активно поддерживаемые европейскими институтами стандартизации [18].

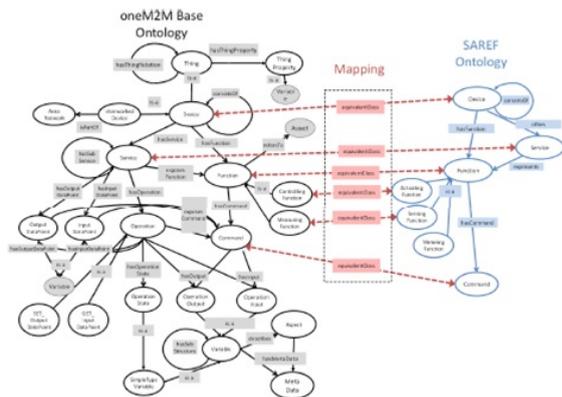


Рис. 1. Отображение между онтологией oneM2M Base и SAREF [18]

Вместе с тем при возможном использовании этих онтологий в построении практических систем и подходов в России как и в ЕС вероятно будет невозможным использовать на уровне зданий только две онтологии, так OEMA (Ontology for Energy Management Applications рисунок 2 и [19]) - это сеть онтологий, объединяющая существующие гетерогенные онтологии, которые представляют энергетическую эффективность и контекстные данные [20] является крайне необходимой, так как именно она обеспечивает общее представление концепций, которые принадлежат к различным энергетическим областям. Сегодня, когда в ЕС уже решены задачи первоначального снижения энергопотребления примерно на 30% в зданиях ЕС (по первым вариантам EPBD), качественный экономический скачок, уже показанный на DER для корпоративных клиентах без DER на все здания не представляется возможным.

Онтологический подход к созданию энергетического интернета и цифровой энергетики, конечно, приносит качественно новые экономические результаты в новых парадигмах бизнеса без физических активов [1] уже пришел и в энергетику. Приведем пример такого невероятно быстрого развития на корпоративном рынке DER, следуя [21] на примере истории компании, невероятно похожей на историю Uber Technologies Inc:

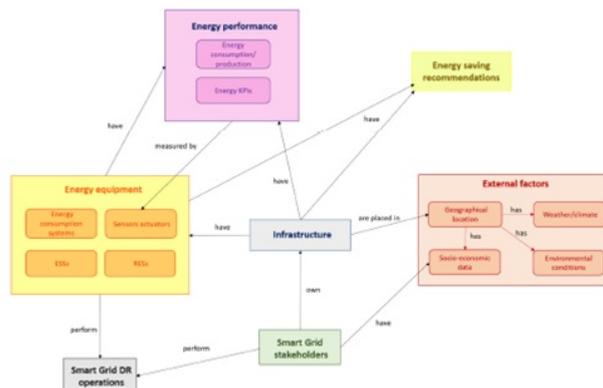


Рис. 2. Основные энергетические домены, представленные сетью онтологий OEMA [18].

«REstore была создана в 2010 году, представляя решения для управления спросом для коммерческих и промышленных потребителей, коммунальных предприятий и операторов системы передачи в нескольких странах. REstore имеет примерно 1500 МВт нагрузки, которой можно управлять, что соответствует значительному потенциалу и рычагам для переговоров на энергетических рынках. Важные объекты из различных стран занимают с этой компанией, Elia (бельгийский оператор системы передачи), RTE (Французский оператор передачи), NationalGrid (поставщик электроэнергии и газа в Великобритании), Total (французская многонациональная компания, работающая с нефтью, газом и солнечной энергией), среди прочих. REstore предлагает два вида решений для управления на стороне спроса, а именно FlexPond™ для отраслей и коммунальных предприятий, и FlexGeo™ для энергетических менеджеров. Компания развивает свою деятельность в следующих отраслях: энергетика, нефтехимия, сталь, целлюлоза и бумага, полезные ископаемые и цемент, цветных металлы, продукты питания и напитки, промышленный газ, очистка воды, стекла, холодильные склады и, наконец, коммерческий сектор.

Таким образом, компания не предлагает решения для жилого сектора с высоким потенциалом для реализации спроса.

REstore рос экспоненциально с момента его создания, в частности с 2013 по 2014 год, с ростом доходов более чем на 700 процентов. Компания представляет собой будущую большую гибкость агрегатора из-за его развития и получил награды за технологические инновации. Поскольку компания уже является многонациональной и относительно близка к нескольким странам, ожидается, что количество клиентов (и, соответственно, мощность) увеличится в последующие годы».

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ИЛИ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБУЧЕНИЯ ОНТОЛОГИЯМ

Чтобы укрепить знания и навыки в строительном секторе, ЕС создал инициативу BUILD UP Skills. Это началось в рамках программы Intelligent Energy Europe (IEE) и было направлено на повышение уровня

непрерывного образования и подготовки мастеров и других строительных рабочих и установщиков систем в строительном секторе. После начального этапа (компонент I и II) за инициативой последовали навыки строительства Horizon 2020 для поддержки и дальнейшей разработки многострановых схем квалификации и обучения.

BUILD UP Skills базируется на стандартах и руководствах для обеспечения качества в Европейском пространстве высшего образования (ESG) были приняты министрами образования еще в 2005 году, следуя предложению, подготовленному Европейской ассоциацией по обеспечению качества высшего образования (ENQA) в сотрудничестве с Европейским союзом студентов (ESU)<sup>1</sup>, Европейской ассоциацией высших учебных заведений (EURASHE) и Европейской ассоциацией университетов (EUA).

С 2005 года был достигнут значительный прогресс в сфере обеспечения качества, а также по другим направлениям деятельности Болонского процесса, таким, как разработка структур квалификаций, признание и продвижение использования результатов обучения. Все это способствовало смене парадигмы к студенто-центрированному обучению и преподаванию.

ESG представляют собой набор стандартов и руководств для внутреннего и внешнего обеспечения качества в высшем образовании. ESG не являются стандартами качества, они также не устанавливают, как должны осуществляться процессы по обеспечению качества. Однако данные стандарты предоставляют руководства, касающиеся самых необходимых аспектов обеспечения качества и обучающей среды в высшем образовании [22].

Одним из самых продвинутых в части применения онтологических инструментов к воплощению этих стандартов в образовательный процесс, как мы полагаем, является проект и работающая платформа MaTHiSiS. MaTHiSiS - это образовательная платформа, предоставляющая каждому типу учащихся, в каждом типе обстановки, на устройстве, которое они имеют в своем распоряжении, индивидуальный опыт обучения, адаптированный к их личным требованиям [23].

Мы выделили три проекта из программы H2020, направленных на обучение BIM, которые уже сегодня создают элементы онтологической системы образования в этой части:

- Net-UBIEP предлагает квалификационные модели BIM, интегрированные с энергетическими компетенциями, чтобы улучшить понимание энергетических вопросов вдоль цепочки создания стоимости в строительной отрасли,
- VIMEET ищет энергоэффективные здания посредством стратегически согласованного общеевропейского тренинга по BIM. Рамки квалификаций и навыков по всей Европе реализуются в соответствии со справочной европейской рамкой квалификаций для BIM и

ЕЕ,

- BIMcert разрабатывает набор средств обучения информационному моделированию зданий, которые позволят географически распределенным группам строительных проектов использовать технологии для улучшения обмена информацией и совместной работы. Проект будет сфокусирован на тестировании подходов BIM к проектированию экологически чистых и пассивных зданий, чтобы способствовать повышению энергоэффективности.

Все сказанное выше показывает насколько методично и последовательно решается проблема снижения энергопотребления зданий в ЕС и авторы полагают, что очень многое из этого стоит использовать и в России. Онтологические методы и инструменты позволяют строить междоменные отношения и добиваться очень существенных экономических успехов. В основе многих решений и стандартов цифровой экономики лежат сегодня именно онтология и семантика и их развитие необходимо и возможно в России [24].

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Buildings - Energy - European Commission (англ.). Energy. Дата обращения 26 октября 2017.
- [2] European Commission, "DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings", Official Journal of the European Communities, 2003
- [3] Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - EuroACE (англ.), EuroACE.
- [4] European Commission, "DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)", Official Journal of the European Communities, 2010
- [5] Commission proposes new rules for consumer centred clean energy transition - Energy - European Commission (англ.). Energy.
- [6] Press releases and statements - Consilium (англ.). <http://www.consilium.europa.eu>.
- [7] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On the way to the energy Internet: new regulations, business models, economic and technical background." International Journal of Open Information Technologies 7.3 (2019): 60-70.
- [8] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On the effects of formalized ontologies in the data economy-the EU experience." International Journal of Open Information Technologies 6.8 (2018): 66-78.
- [9] В.П. Куприяновский и др. BIM-Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 1. Подходы и основные преимущества BIM. //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 3, 2016 С. 1-8.
- [10] В.П. Куприяновский и др. BIM- Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 2. Цифровая экономика. //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 3, 2016. С. 9-20.
- [11] В.П. Куприяновский и др. Экономические выгоды применения комбинированных BIM – ГИС моделей в строительной отрасли. Обзор состояния в мире. //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 5, 2016 С. 14-25ю
- [12] HOLISDER D4.1 – Analysis of EU-wide interoperability standards and data models and harmonization requirements Copyright © 2018 HOLISDER Project
- [13] HEART D2.1 Application Context Periodic Update –I , HEART March 2018
- [14] IFC <https://github.com/pipauwel/IFCtoRDF>

- [15] IFC releases <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/>
- [16] Open BIM <http://openbimstandards.org/standards/ifcowl/>
- [17] OWL 2 Web Ontology Language <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-primer-20121211/>
- [18] INBETWEEN D2.3 – DICTIONARY FOR METADATA AND BUILDING INFORMATION REPRESENTATION, INBETWEEN 2019
- [19] Ontology Network <https://innoweb.mondragon.edu/ontologies/oema/ontologynetwork/1.1/index-en.html>
- [20] A Unified Semantic Ontology for Energy Management Applications <http://ceur-ws.org/Vol-1936/paper-08.pdf>
- [21] DREAM-GO Deliverable D2.3 – v3.0 Identified Short and Real-Time Demand Response Opportunities and the Corresponding Requirements and Concise Systematization of the Conceived and Developed DR Programs - Final release DREAM-GO 28.09.2018
- [22] СТАНДАРТЫ И РУКОВОДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЕВРОПЕЙСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ESG) Одобрено Конференцией министров в Ереване, в мае 2015 г. © Неофициальный перевод на русский язык подготовлен Независимым казахстанским агентством по обеспечению качества в образовании (IQAA), сентябрь 2015 г.
- [23] MaTHiSiS <http://mathisis-project.eu/en/content/project>
- [24] Ю.И.Волокитин и др. Проблемы цифровой экономики и формализованные онтологии //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 6, no.6, 2018 С. 87-96.

# From the history of the digital energy industry of the EU or energy consumption close to zero - the transition of EU regulatory decisions to the ontologies of energy, BIM, and buildings

Alexander Klimov, Vasily Kupriyanovsky, Igor Ponkin, Marina Korol, Andrey Akimov

**Abstract**— This article is devoted to digital energy. Today, a European building is responsible for approximately 40% of energy consumption, 36% of CO2 emissions and 55% of electricity consumption. Consequently, a balanced system is needed not only for passive energy saving in buildings, but also for creating conditions for their active participation in the energy sector. EU directives encourage the use of information communication and intelligent technologies to ensure the efficient operation of buildings and the introduction of building automation and control systems as an alternative to physical inspections. Intellectual technologies are promoted, for example, through the installation requirements for automation systems and building management and devices that regulate the temperature at the room level. Information communication and intellectual technologies have a great potential to reduce energy consumption in buildings up to 25-30% of the existing levels or almost zero energy consumption. The main information tools for the implementation of these provisions were formalized ontologies. One of the basic has become BIM (Building Information Modeling), the consistent application of which determines the process of creating and managing information in digital form throughout the entire life cycle of a building. The article discusses EU projects related to BIM and aimed at developing the ability to integrate building information and creating an environment for collaboration.

**Keywords**—Smart City, BIM, ontology.

## REFERENCES

- [1] Buildings - Energy - European Commission (angl.). Energy. Data obrashheniya 26 oktjabrja 2017.
- [2] European Commission, "DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings", Official Journal of the European Communities, 2003
- [3] Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - EuroACE (angl.), EuroACE.
- [4] European Commission, "DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)", Official Journal of the European Communities, 2010
- [5] Commission proposes new rules for consumer centred clean energy transition - Energy - European Commission (angl.). Energy.
- [6] Press releases and statements - Consilium (angl.). <http://www.consilium.europa.eu>.
- [7] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On the way to the energy Internet: new regulations, business models, economic and technical background." International Journal of Open Information Technologies 7.3 (2019): 60-70.
- [8] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On the effects of formalized ontologies in the data economy-the EU experience." International Journal of Open Information Technologies 6.8 (2018): 66-78.
- [9] V.P. Kupriyanovskij i dr. BIM-Cifrovaja jekonomika. Kak dostigli uspeha? Prakticheskij podhod k teoreticheskoj koncepcii. Chast' 1. Podhody i osnovnye preimushhestva BIM.//International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 3, 2016 S. 1-8.
- [10] V.P. Kupriyanovskij i dr. BIM- Cifrovaja jekonomika. Kak dostigli uspeha? Prakticheskij podhod k teoreticheskoj koncepcii. Chast' 2.Cifrovaja jekonomika. //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 3, 2016. S. 9-20.
- [11] V.P. Kupriyanovskij i dr. Jekonomicheskie vygody primeneniya kombinirovannyh BIM – GIS modelej v stroitel'noj otrasli. Obzor sostojanija v mire. //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 5, 2016 S. 14-25ju
- [12] HOLISDER D4.1 – Analysis of EU-wide interoperability standards and data models and harmonization requirements Copyright © 2018 HOLISDER Project
- [13] HEART D2.1 Application Context Periodic Update –I , HEART March 2018
- [14] IFC <https://github.com/pipauwel/IFCtoRDF>
- [15] IFC releases <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/>
- [16] Open BIM <http://openbimstandards.org/standards/ifcowl/>
- [17] OWL 2 Web Ontology Language <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-primer-20121211/>
- [18] INBETWEEN D2.3 – DICTIONARY FOR METADATA AND BUILDING INFORMATION REPRESENTATION, INBETWEEN 2019
- [19] Ontology Network <https://innoweb.mondragon.edu/ontologies/oema/ontologynetwork/1.1/index-en.html>
- [20] A Unified Semantic Ontology for Energy Management Applications <http://ceur-ws.org/Vol-1936/paper-08.pdf>
- [21] DREAM-GO Deliverable D2.3 – v3.0 Identified Short and Real-Time Demand Response Opportunities and the Corresponding Requirements and Concise Systematization of the Conceived and Developed DR Programs - Final release DREAM-GO 28.09.2018
- [22] STANDARTY I RUKOVODSTVA DLJa OBESPECHENIJa KACHESTVA VYSSHEGO OBRAZOVANIJa V EVROPEJSKOM PROSTRANSTVE VYSSHEGO OBRAZOVANIJa (ESG) Odobreno Konferencij ministrov v Erevane, v mae 2015 g. © Neoficial'nyj perevod na russkij jazyk podgotovlen Nezavisimym kazahstanskim agentstvom po obespecheniju kachestva v obrazovanii (IQAA), sentjabr' 2015 g.
- [23] MaTHiSiS <http://mathisis-project.eu/en/content/project>
- [24] Ju.I.Volokitin i dr. Problemy cifrovoj jekonomiki i formalizovannye ontologii //International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 6, no.6, 2018 S. 87-96.