

Образование, как способ создания навыков в экономике знаний на примере технологий ВІМ в эпоху цифровых близнецов и цифровой педагогики (EDTECH)

О.Н.Покусаев, В.П.Куприяновский, А.А.Климов, В.С.Лазуткина, Е.Ю.Заречкин, А.В. Семочкин

Аннотация— По мере развития технологий и изменения навыков, которые требуют повышенного спроса, существует потребность в непрерывной обратной связи между потребностями рынка труда и заинтересованными сторонами системы образования на всех уровнях. Значительная доля обучения взрослых приобретается через практический опыт, через обучение без отрыва от производства и, особенно, через взаимодействие с коллегами. Таким образом, работодатели являются ключевыми игроками в образовании для взрослых, и их конкурентоспособность тесно связана с их способностью обеспечить подготовку своих талантов и максимально повысить эффективность их сотрудников. Цифровые трансформации в педагогике меняют образовательные процессы также как и всю экономику образовательного процесса, и это также необходимо учитывать. В России рядом юридически обязательных документов сформирован пул решений, принятых к исполнению практической реализации технологий ВІМ. В настоящей статье подробно рассмотрены вопросы ВІМ-образования, а также их связь с обучением технологии цифровых двойников. Построение такого образования к тому же стремительно и объективно должно развиваться в сторону преподавания дисциплин цифрового двойника, с которым ВІМ уже очень органично взаимодействует.

Ключевые слова—цифровой двойник, ВІМ, EDTECH.

I. ВВЕДЕНИЕ

То, как мы работаем, навыки, которые нам нужны, чтобы процветать на нашей работе и в траектории нашей карьеры быстро развиваются. Эти изменения, обусловленные технологическими инновациями, демографией, смещением бизнес-моделей и характером работы значительно изменяют навыки, требуемые рынком труда. Более одного из четырех взрослых, обследованных в ОЭСР, сообщают о несоответствии между их текущими навыками и требуемыми квалификациями для их работы [1]. Кроме того, как

прогнозировали, примерно 35% спроса навыков на рабочие места в разных отраслях промышленности изменится к 2020 году [1]. Некоторые исследования показывают, что 65% детей, поступающих в начальную школу сегодня, будут иметь рабочие места, которые еще не существуют и для которых их образование не сможет их подготовить, усугубляя пробелы в навыках и безработицу в будущей рабочей силе [2].

Чтобы сделать наиболее эффективные инвестиции, участники образовательной экосистемы должны лучше понимать, какие навыки легко доступны взрослым людям, и где существуют самые большие пробелы в навыках. Это необходимо дополнить информацией о том, какие навыки наиболее востребованы на рынке труда и как обеспечить соответствующие пути переподготовки к новым возможностям трудоустройства.

Переподготовка предполагает предоставление соответствующего сочетания теоретических и прикладных методов обучения по правильной цене и понимание того, как эти обязанности могут наилучшим образом распределяться между различными заинтересованными сторонами. Поскольку образование становится менее линейным процессом, а также более модульным и непрерывным циклом, ему может также потребоваться развитие и институциональная организация.

По мере развития технологий и изменения навыков, которые требуют повышенного спроса, существует потребность в непрерывной обратной связи между потребностями рынка труда и заинтересованными сторонами системы образования на всех уровнях.

Значительная доля обучения взрослых приобретается через практический опыт, обучение без отрыва от производства и, особенно, при взаимодействии с коллегами. Таким образом, работодатели являются ключевыми игроками в образовании для взрослых, и их конкурентоспособность тесно связана с их способностью обеспечить подготовку своих талантов и максимально повысить эффективность их сотрудников.

Цифровые трансформации в педагогике меняют образовательные процессы также как и всю экономику

Статья получена 12 апреля 2021.

О.Н.Покусаев – РУТ (МИИТ); buildingSmart Россия (email: o.pokusaev@rut.digital)

В.П.Куприяновский-РУТ (МИИТ) (e-mail: v.kupriyanovsky@rut.digital)

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

В.С.Лазуткина - РУТ (МИИТ) (email: v.lazutkina@rut.digital)

Е.Ю.Заречкин - РУТ (МИИТ) (e-mail: e.zarech@gmail.com)А.В.

Семочкин - РУТ (МИИТ) (email: a.semochkin@rut.digital).

образовательного процесса, и это также необходимо учитывать. Так сила онлайн-курсов (МООС) по охвату учащихся в случае отсутствия других форм и низкой стоимостью создала прорывы в доступе к цифровому учебному контенту и способствовала цифровому гражданству, навыкам управления информацией и самостоятельному обучению навыкам. МООСs улучшили масштабируемость и охват курсов обучения взрослых с помощью специальных учебных платформ, таких как Coursera, Udacity, edX и другие. Уже в 2015 году на основных платформах по всему миру функционировало более 4200 МООСs, представляющих курсы из более чем 500 университетов со всего мира, причем было уже более 35 миллионов учащихся, обучающихся на этих курсах. Эти процессы быстро развиваются и в России, а пандемия COVID19 значительно их ускорила.

Среди множества технологий развивающий сегодняшний физический и цифровой мир мы выбрали тему образования методам и технологиям информационного моделирования (BIM), как технологию, которая их прочно связывает в части создания и модернизации зданий и сооружений или той построенной человечеством искусственной среды, в которой все мы живем и работаем. Построение такого образования к тому же стремительно и объективно должно развиваться в сторону преподавания дисциплин цифрового двойника, с которым BIM уже очень органично взаимодействует.

Это объективно очень сложная тема и даже наличие множества стандартов (рисунок 1), которые казалось бы создают рамки образовательной деятельности, пока мало помогают создавать полнокровные курсы образования методам и технологиям информационного моделирования (BIM), по причинам быстрого их развития и создания нового уровня BIM – цифровых двойников [3], фактически достигнув уровня национального применения.

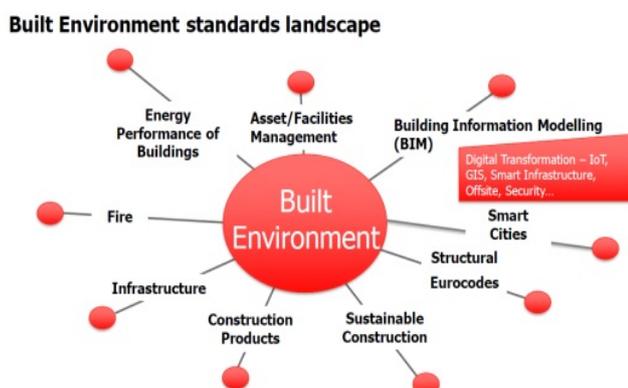


Рис. 1. Ландшафт стандартов построенной искусственной среды (источник – Bsi)

В России рядом юридически обязательных документов [4,5, 6,7] и другими сформирован пул решений, принятых к исполнению практической реализации технологий BIM. Так, в [4] определены

правила работы с информационной моделью, а согласно [5] с 1 января 2022 года формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства становится обязательным для заказчика, застройщика, технического заказчика, эксплуатирующей организации, если на этот объект выделены средства «бюджетов бюджетной системы Российской Федерации». Постановление правительства России на этот счет подписал Михаил Мишустин. Таким образом, информационное моделирование становится обязательным для всех объектов госзаказа - от федеральных до муниципальных, вне зависимости от их стоимости. Ранее предполагалось, что обязательное формирование BIM-модели будет только для объектов стоимостью выше 500 млн. рублей, но в выпущенном постановлении это ограничение отсутствует, что делает вопросы образования BIM технологиям первостепенными в ряду иных подготовительных работ по реализации этого постановления.

Приказ ведомства от 16 ноября 2020 № 787н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве» [6] опубликован на официальном интернет-портале правовой информации.

Документом [6] установлены требования к квалификации специалиста в сфере BIM и перечень трудовых функций.

В общей сложности профессиональным стандартом установлены пять обобщенных трудовых функций:

- Техническое сопровождение информационного моделирования объектов капитального строительства (ОКС);
- Разработка и использование структурных элементов информационной модели ОКС на этапе его жизненного цикла;
- Организация разработки и использования структурных элементов информационной модели ОКС на этапе его жизненного цикла;
- Управление процессами информационного моделирования ОКС на этапе его жизненного цикла.
- Управление деятельностью по внедрению, поддержке и развитию технологий информационного моделирования ОКС на уровне организации
- Все ОТФ отнесены к 5—7-му уровням квалификации

Приказом Минобрнауки [7] введена позиция 2.1.14 Управление жизненным циклом объектов строительства, для защиты научных работ, что позволяет готовить кадры высшей квалификации по теме информационного моделирования в России.

Все сказанное выше делает тему BIM образования в России весьма актуальной и своевременной для обсуждения.

II. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ BIM ОБРАЗОВАНИЯ

Есть очень хорошие и образные выражения, отражающие суть происходящего со сферой применения

BIM: “Маленький BIM” и “Большой BIM”. Они показывают расширяющиеся домены применения, их пересечение явления которых в современной онтологии называется «мутацией», суть которой в том что из ранее определенных онтологических концептуализаций (знаний) могут появляться совсем новые ранее не предусмотренные творцом этих онтологий (знаний). Проблема или свойства современных цифровых систем производить новые не заложенные в них возможности одновременно и пугает и вызывает восторг. В искусственном интеллекте такие возможности заложены в самом названии технологии, но почему-то всегда их появление вызывает неподдельное удивление.

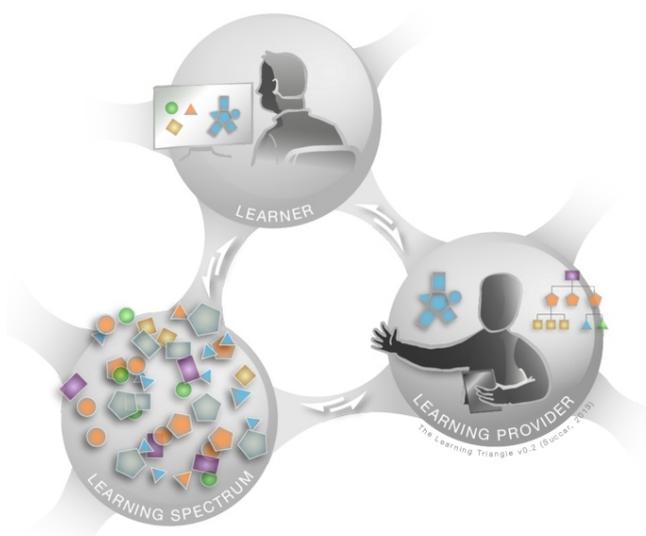


Рис. 2. Треугольное взаимодействие между учащимися BIM, поставщиками обучения BIM и спектром обучения BIM [8].

Эта концептуальная модель (рисунок 2) представляет обучение BIM как треугольное взаимодействие между учащимися BIM, поставщиками обучения BIM и спектром обучения BIM. В этой модели [8]:

1. Учащиеся BIM - это все люди, обладающие знаниями, навыками или опытом в технологиях или рабочих процессах BIM. Учащиеся BIM включают практиков и будущих практиков; в рамках любой дисциплины «Проектирование, строительство и эксплуатация»; и на любой должности или роли.

2. Учебные заведения BIM (провайдеры BIM обучения) - это коммерческие и некоммерческие организации, предоставляющие формальное или неформальное образование, обучение или профессиональное развитие BIM. Учебные заведения BIM включают индивидуальных тренеров, зарегистрированные учебные организации, университеты, профессиональные учебные заведения, отраслевые ассоциации и сообщества практиков.

3. Спектр обучения BIM включает в себя все темы BIM, которые могут быть изучены учащимися BIM или обучены поставщиками обучения BIM. Спектр обучения представляет собой структурированную и

неструктурированную информацию, включая четко определенные, классифицированные и агрегированные элементы компетенции BIM.

В работе [9], посвященной обзору сдвигов в парадигмах образования в цифровой экономике анализировался опыт Великобритании – одной из первых в мире вступившей в эпоху цифровой экономики. В публикации [9] были приведены данные об очень серьезном кадровом дефиците, быстро возникшем в развитии цифровой экономики. Однако, самый серьезный кадровый провал был отмечен именно в области информационного моделирования зданий.

Об интеграции информационного моделирования зданий в программы бакалавриата по гражданскому строительству в Соединенном Королевстве написана и защищена интересная докторская работа в Великобритании [10], в которой это явление анализируется более подробно. В ней сказано, что управление данными, информацией и знаниями на протяжении жизненного цикла проектов зданий и объектов гражданской инфраструктуры становится все более сложным. Пытаясь повысить эффективность и решить эту сложность, правительство Соединенного Королевства (Великобритании) обязало с 2016 года применять методы информационного моделирования зданий (BIM) во всех строительных проектах государственного сектора. Подход к координации проектных и производственных данных с использованием объектно-ориентированных принципов, описан в ISO 29481-1: 2010. основополагающая философия BIM заключается в обеспечении «предоставления единой среды для хранения общих данных и информации об активах, доступной для всех лиц, которые должны ее производить, использовать и поддерживать» (PAS 1192-2: 2013) [10].

Ключевой аспект BIM [10] заключается в понятии «функциональной совместимости» между различными программными приложениями, используемыми в процессе проектирования и строительства, и в общем формате данных для эффективного обмена проектной информацией и знаниями. Сторонники BIM утверждают [10], что такое взаимодействие обеспечивает эффективную среду для сотрудничества между участниками процесса строительства и создает точный, надежный, воспроизводимый и высококачественный обмен информацией. Этот мандат правительства Великобритании создает многочисленные проблемы для специалистов в области архитектуры, проектирования и строительства (AEC); в частности, характеристики BIM Level 2 остаются явно неопределенными, и это создало некоторую неуверенность среди промоутеров и профессионалов, отвечающих за реализацию проектов. Эта неопределенность находит свое отражение в высшем образовании Великобритании [10]; современные программы бакалавриата в области гражданского строительства в Великобритании в целом находятся в нижней части «кривой зрелости» BIM.

Британские высшие учебные заведения все чаще сталкиваются с проблемой внедрения BIM с помощью соответствующих педагогических методов и методик преподавания, но вспомогательные руководства появляются и различаются [10]. Что касается программ гражданского строительства в Великобритании, Объединенный совет модераторов (JBM) выпустил «руководство по передовой практике», как и Академия высшего образования (HEA) под эгидой «Академического форума BIM». Тем не менее, очевидная потребность в дальнейших исследованиях для изучения технических и педагогических вопросов, связанных с интеграцией BIM в образовательные программы, сохраняется. Исследование, описанное в этой диссертации, бросает критический взгляд на текущую литературу в области объектно-ориентированного моделирования инфраструктуры и связанные последствия для закупок и управления проектами [10]. Подход с использованием смешанных методов с использованием анкетного анализа, фокус-групп и вторичного анализа конкретных случаев был использован для внедрения индуктивного исследовательского подхода, который собирает ряд данных по педагогическим вопросам и соображениям, связанным с интеграцией BIM в разработку новой учебной программы по гражданскому строительству. Результаты [10] включают рекомендации по «повышению квалификации» университетских преподавателей и ученых, расширению возможностей трудоустройства студентов и разработке подходящих методов обучения и обучения. Предлагается структура для включения принципов, концепций и технологий BIM в программы гражданского строительства. Результаты исследования [10] показывают, что первые два года обучения по типовой аккредитованной программе получения степени в области гражданского строительства должны быть сосредоточены на технических концепциях, связанных с проектированием, с точки зрения моделирования и анализа. Последние годы степени должны быть сосредоточены на развитии «мягких навыков», необходимых для обеспечения эффективной командной работы и сотрудничества в рамках междисциплинарной проектной среды. Дальнейшие исследования должны быть направлены на проверку предлагаемой структуры в «живой» среде, особенно в контексте необходимости сбалансировать требования режимов итогового и формирующего оценивания [10].

Для иллюстрации изложенного из работы [10] мы выбрали две иллюстрации из нее (рисунок 3 и рисунок 4), зрительно показывающие трудности построения систем образования BIM причины этого. На рисунке 3, например, показана часть траектории эволюции и расширения технологий BIM, которая в той же Великобритании смело уже может быть дополнена технологиями цифрового двойника [3]. Эти же соображения справедливы и для рисунка 4.

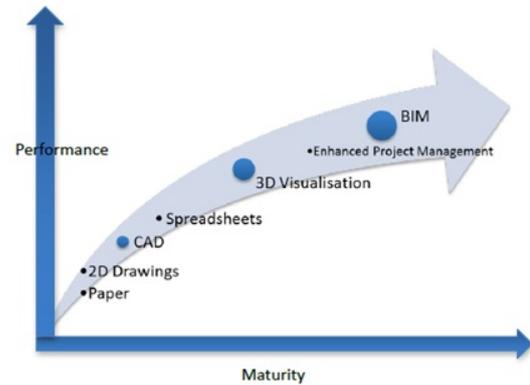


Рис. 3. Эволюция технологий в отрасли АЕС [10]

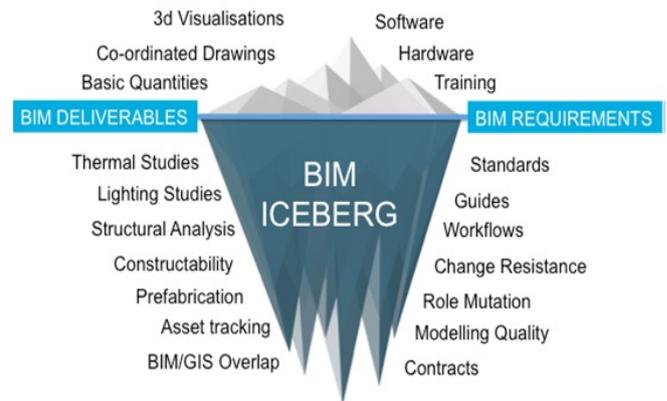


Рис. 4. Модель айсберга «Информационного» моделирования здания» [10]

В публикациях [11-17] были подробно описаны различные технологии образования (EGTECH) и примеры их использования, развившиеся как раз для того, чтобы справиться с кадровым дефицитом цифровой экономики, формально, только в ее транспортных отраслях. Однако мы полагаем, что многое из сказанного в [11-17] справедливо и в целом для образования в эпоху цифровой экономики.

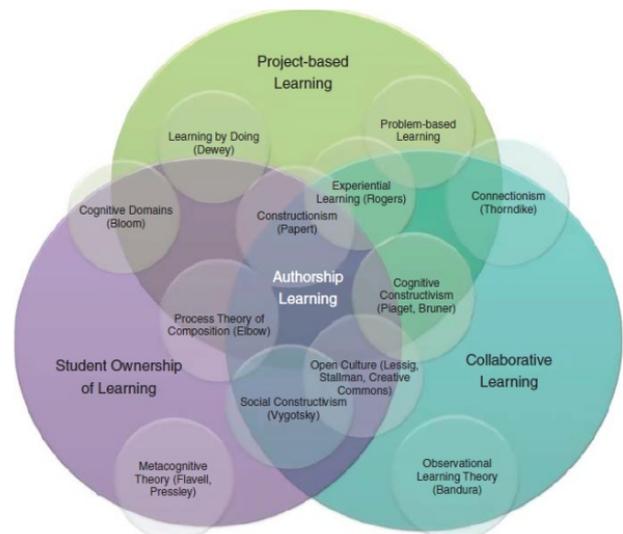


Рис. 5. Спектр смысловой и педагогической поддержки BIM-образования [18].

Статья [18] приводит, пожалуй, наиболее полную

зрительную картину технологии цифрового образования (EGTECH) именно для BIM образования, и мы приводим ее на рисунке 5.

Любое образование имеет своей целью его практическое применение. Такое применение показывает [19] совершенно неожиданные выводы о том какие из технологий EDTECH стоит применять в BIM образовании. Поэтому мы приводим для нашего читателя большую цитату из [19]:

«Внедрение информационного моделирования зданий (BIM) в строительные проекты имеет много потенциальных преимуществ, но проблемы с проектами могут препятствовать его реализации на практике. Хотя BIM предполагает использование технологии, более четырех пятых повторяющихся проблем в текущих строительных проектах на основе BIM связаны с людьми и процессами (то есть с нетехнологическими элементами BIM). Следовательно, в дополнение к технологическим навыкам, необходимым для использования BIM, преподаватели должны также готовить выпускников университетов с нетехнологическими навыками, необходимыми для управления людьми и процессами BIM. Целью данного исследования является разработка учебного модуля, который обучает нетехнологическим навыкам для решения общих, связанных с людьми и процессами проблем в строительных проектах на основе BIM. Для достижения этой цели в этом исследовании излагаются шаги, предпринятые для создания учебного модуля и определения его влияния на курс BIM. Вклад этого исследования заключается в понимании педагогической ценности разработанного модуля проблемного обучения и документировании процесса разработки учебного модуля.

Хотя BIM предполагает использование технологии, более четырех пятых повторяющихся проблем в текущих строительных проектах на основе BIM связаны с людьми и процессами (то есть с нетехнологическими элементами BIM). Поэтому, в дополнение к технологическим навыкам, необходимым для использования BIM, преподаватели должны также готовить выпускников университетов с нетехнологическими навыками, необходимыми для управления людьми и процессами BIM.

Результаты показывают, что все нетехнологические навыки, связанные с BIM (т. е. аналитическое и решение проблем, планирование и организация, коммуникация, инициатива и командная работа) указаны как необходимые для решения общих проблем на основе BIM. «строительные проекты от специалистов-практиков».

III. ПРОЕКТЫ ЕС ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ И BIM НАВЫКАМ

Широкое представление целей образования BIM технологий, затрудняющее создание систем образования информационным моделям зданий, удастся преодолеть, поставив дополнительные ограничения в виде

конкретных KPI. Оснащение специалистов по строительству новыми навыками необходимыми для достижения европейских энергетических целей является одной из основных целей проектов ЕС [20]. Это воплощается в стандартах строительства зданий и сооружений с нулевым потреблением энергии (NZEB), о которых шла речь в публикации [20]. Именно набор энергосберегающих KPI стал основой очень многих образовательных проектов ЕС в части BIM. Ниже мы приводим обзор некоторых из этих проектов, более подробные данные о них можно получить либо по ссылкам, либо из системы учета проектов ЕС CORDIS (<https://cordis.europa.eu/>). CORDIS - информационный сервис европейского сообщества по исследованиям и разработкам. Это основной публичный репозиторий и портал Европейской комиссии для распространения информации о всех финансируемых ЕС центральных исследовательских проектах и их результатах в самом широком смысле. Впрочем, в CORDIS попадают только часть таких проектов ЕС, но эта часть весьма представительна.

Строительный сектор предлагает большой неиспользованный потенциал для экономии энергии [20]. Начиная с 2020 года в Европе требования к стандартам строительства с нулевым потреблением энергии (NZEB) становятся обязательными. Наиболее сложный аспект сокращения использования энергии в строительном секторе заключается в повышении скорости, качества и эффективности ремонта зданий, начиная с нынешних темпов обновления, составляет всего 1,2% в год.

Одним из существенных препятствий, мешающих развитию NZEB и эффективной реконструкции, является отсутствие адекватных строительных навыков. Поэтому повышение квалификации специалистов среднего и высшего звена, а также различных специалистов в области устойчивого энергосберегающего строительства имеет ключевое значение.

Далее мы приводим данные о проектах и инициативах ЕС в области развития строительного и BIM образования, ограничившись только пятью из многих таких начинаниях.

Мы начнем с изложения информации об инициативе BUILD UP Skills (<https://www.buildup.eu/en/skills>)

В 2011 году ЕС выступил с инициативой BUILD UP Skills (также известна и в России). Она была нацелена на увеличение числа квалифицированных специалистов в области торговли путем разработки национальных квалификационных платформ и дорожных карт, а также обучения в области энергоэффективности и возобновляемой энергии в зданиях. Сфера действия этой инициативы была расширена на других специалистов по строительству в рамках Horizon 2020, с проектами, разрабатывающими схемы квалификации и обучения, действующие одновременно для многих стран, входящих в ЕС.

Повышение квалификации в направлении энергоэффективности и устойчивой энергетики должно осуществляться, как считают в ЕС, по всей цепочке создания стоимости в строительном секторе (включая

дизайнеров, архитекторов, инженеров, управляющих зданиями, техников, монтажников, рабочих и учеников).

Все эти профессии также должны знать о новых и предстоящих проблемах, связанных с почти нулевым потреблением энергии. К ним относятся новые материалы и продукты, интеграция возобновляемых источников энергии, новые системы или процессы, такие как стандартизация и общая добровольная сертификация зданий, а также использование инструментов информационного моделирования зданий (BIM).

Модернизация или создание крупномасштабных схем квалификации и обучения в этих областях неразрывно связаны с инициативами, которые повышают спрос на квалифицированных специалистов в области строительства, создают новые рабочие места и повышают экономическую конкурентоспособность Европы.

Наш анализ посвящен, в том числе, финансируемым ЕС проектам по всей Европе, которые продвинули инициативу BUILD UP Skills дальше, придав ей системный характер.

Мы начнем этот обзор с проекта BIMcert (<https://energybimcert.eu/>), который называется «Новая система сертификации навыков для BIM-образованного строительного сектора»

Относительно системности проектов ЕС стоит сказать, что четыре образовательных проекта BIM: BIMcert, BIMplement, Net-UBIEP и BIMEET сотрудничают под названием BIMalliance, чтобы исследовать области взаимных возможностей и минимизировать энергетический след в строительстве (<http://www.net-ubiep.eu/bimalliance-the-alliance-of-bimcert-bimplement-net-ubiep-and-bimeet/>)

Сотрудничество проектов BIMcert, BIMplement, Net-UBIEP и BIMEET показано на рисунке 6.

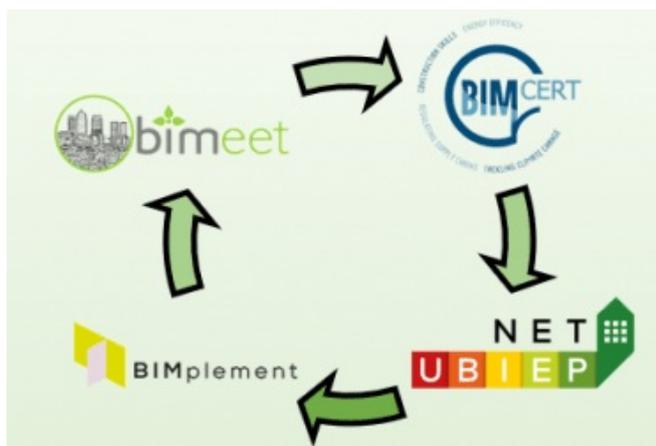


Рис. 6. Сотрудничество проектов BIMcert, BIMplement, Net-UBIEP и BIMEET (источник - Net-UBIEP)

Чтобы подготовить сектор архитектуры, инжиниринга и строительства к двойной задаче энергоэффективности и оцифровки, платформа электронного обучения BIMcert делает акцент на информационном моделировании зданий в качестве вспомогательного инструмента для поддержки декарбонизации зданий на

протяжении всего их жизненного цикла.

Предполагается, что здания с нулевым потреблением энергии станут нормой к 2050 году, а информационное моделирование зданий (BIM) станет ключевым фактором. Однако, хотя в направлении энергоэффективности Европа уже движется, значительная часть сектора архитектуры, проектирования и строительства (AEC) все еще пытается наверстать упущенное время, особенно в условиях зеленой сделки Евросоюза. Проблемы, с которыми они сталкиваются это: отсутствие компетенций в устойчивом строительстве; медленное освоение навыков цифрового строительства; отсутствие стандартов; и индивидуальные барьеры, такие как отсутствие мотивации, времени и денег. Со многими такими проблемами, как нам представляется, придется иметь дело и в России.

Для их преодоления на рисунке 7 показаны концепции и методологии, выбранные соответствующим образом для предоставления учебной программы проекта BIMCert на основе обзора рынка и литературы, а также итеративного улучшения. Так как было введено понятие совместимости образовательных методологий, то их число удалось для конкретного направления NZEB снизить по сравнению с рисунком 5.

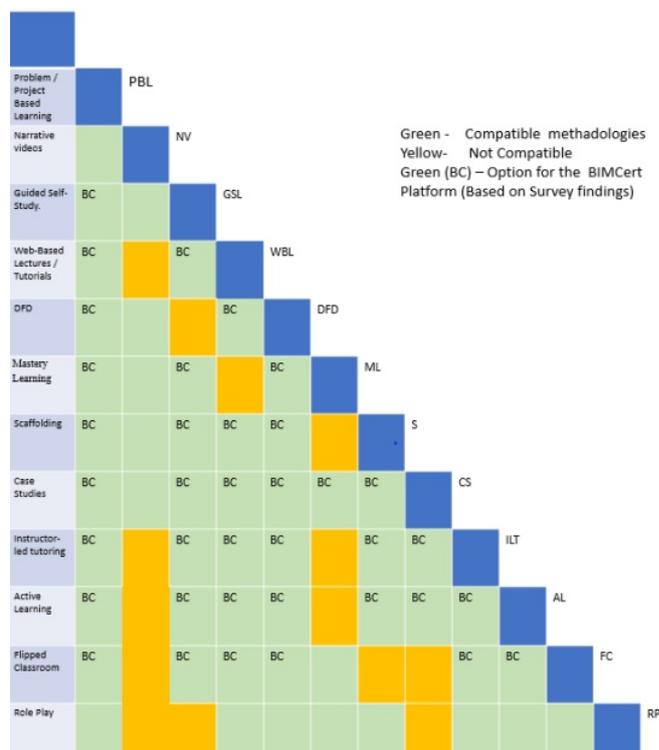


Рис. 7. Матрица концепций и методологий (источник – BIMCert)

Обоснование совместимых методологий было подробно представлено в Отчете о согласовании [21]. Основные выводы представлены здесь вкратце, с дополнительными ссылками, как на перевернутые классные комнаты, так и на ролевые игры [21], которые в цифровом образовании усилиями [20] были сужены и представляют следующие образовательные технологии:

- PBL –Проблемно ориентированное обучение: это ключевая методология, определенная в литературе как

обеспечивающая успехи учащихся в обучении посредством поощрения взаимодействия. Все варианты концепции на рисунке 2 могут включать элементы PBL, например, Повествовательные видео / интерактивные видео могут попросить пользователя решить проблему, прежде чем будет предоставлен доступ к следующему учебному материалу / модулю; тематические исследования могут задавать проблемные вопросы. PBL подходит для студентов всех уровней, от начального до мастерского, поскольку он поощряет студентов взаимодействовать с учебной программой и их сверстниками (если таковые имеются) при поддержке тренеров в качестве строительных лесов на платформе. PBL также соответствует методологии перевернутой классной комнаты и может использоваться во время ролевой игры, чтобы помочь студенту понять проблемные сценарии с точки зрения других профессий. Это может быть включено в платформу BIMCert, требуя, чтобы студент решил проблему, прежде чем переходить между разделами курса / завершать каждое упражнение.

- NV - Повествовательные видео: этот метод особенно подходит для обучения во время сеанса обучения в реальном времени, например, синхронные веб-лекции или личная деятельность невозможны. Эти видео могут быть интерактивными и могут связываться с элементами PBL. NV могут предоставить контент для поддержки перевернутого класса и помочь ученикам подготовиться к ролевой игре. В BIMCert учащиеся могут взаимодействовать с контентом, основанным на сетевых технологиях, например, отвечать на вопросы или решать задачи. Этот подход популярен, например, для обучения в области здравоохранения и безопасности, например, для онлайн-курсов ручного обучения. Повествовательные видео также могут быть представлены студентам в ожидании начала живых вебинаров / лекций.

- GSL - Самостоятельная работа: это важный аспект любого учебного процесса, который поощряет ученика изучать и учиться самостоятельно. Это особенно важно при овладении навыками, особенно при использовании цифровых бейджей, так как ученики должны будут продемонстрировать компетентность на каждом уровне, прежде чем переходить на следующий. Все предлагаемые методологии могут быть объединены с элементами самостоятельного изучения. Однако методы, которые включают в себя значительное взаимодействие с моделью, могут быть менее подходящими, например, в отношении проектирования для разборки, и GSS мог только помочь с подготовкой к ролевой игре.

- WSL - Сетевые учебные пособия: опрос BIMCert показал, что 46% респондентов одобрили этот подход. Большим преимуществом метода обучения является то, что тренер может быстро реагировать на существующие знания и потребности каждого отдельного учащегося, таким образом гарантируя, что был использован подход на основе скаффолда. Этот метод был показан в литературе, чтобы быть особенно успешным для большинства типов учащихся. Одно существенное ограничение на использование веб-учебных пособий для

повышения квалификации большого числа работников является финансовым, поскольку требуется присутствие тренера для выполнения всей / части учебного плана. Предложение о включении этого подхода в BIMCert экономически эффективным способом состоит в том, чтобы объединить ограниченное количество вебинаров с другими методами, такими как PBL и GSS, таким образом, чтобы предоставить студентам доступ к тренеру для поддержки нескольких видов деятельности. Например, синхронный вебинар может быть доступен студентам только после того, как они завершили и отправили определенные задания, например, чтение (GSS), моделирование взаимодействия (DFD) и решение проблем (PBL), а часть вебинара посвящена предоставлению обратной связи и решению вопросов, возникающих в результате предыдущих действий.

- DFD - Дизайн для разборки: это послужит важным элементом учебной программы BIMCert, так как позволит учащемуся просматривать модель и взаимодействовать с ней в виртуальном масштабе времени, что позволяет ученику визуализировать и изучить влияние своего дизайна / конструкции. выбор. Это можно сочетать с другими методологиями, в том числе по мере того, как учащийся учится изучать (базовую) модель для поиска / извлечения / анализа соответствующей информации. DFD позволяет пользователю взаимодействовать с моделью на этапах проекта, которые важны для их ролей / задач. В BIMCert вебинары / видео-рассказы могут быть использованы для демонстрации того, как взаимодействовать с моделью со студентом, дополняя его обучение через GSS.

- ML- Обучение мастерству: эта методология может помочь поощрить пользователя через PBL и управляемое самообучение продвигаться в обучении, чтобы пройти модуль / шлюз. В BIMCert пользователя могут попросить продемонстрировать знания, которые могут быть получены только путем взаимодействия с учебными материалами и опытом за пределами предоставленного материала, прежде чем они перейдут к следующему цифровому значку. Студенты могут пропустить определенные действия, если они могут продемонстрировать посредством завершения оценок, что они достигли требуемых результатов обучения. Это будет хорошо работать с перевернутым подходом в классе.

- S- Строительные леса: опрос BIMCert продемонстрировал предпочтение этой методологии, поскольку она обеспечит ступенчатую кривую обучения для студента. При таком типе обучения несколько понятий используются одновременно или параллельно, например, живое обучение и партнер с самообучением. Это поможет в продвижении активного обучения и перевернутых методик в классе.

- GC - Тематические исследования. Как в литературе, так и в опросе BIMCert подчеркивается необходимость проведения демонстраций живых проектов BIM и извлеченных уроков. Использование тематических исследований соответствовало бы этому требованию, и они могли бы служить дополнительными

инструментами обучения для всех методологий.

- ИТ Обучение под руководством инструктора: результаты опроса показали, что это будет наиболее полезным выбором для оказания помощи в обучении. Учитывая разрозненные физические местоположения предполагаемой аудитории для BIMcert, это должно быть предоставлено через живой (и записанный для последующего просмотра) формат вебинара / лекции. Преподаватель, работающий на вебинаре в режиме реального времени, может также задействовать перевернутые классные комнаты, тематические исследования и концепции PBL.

- AL-Активное обучение: это можно интерпретировать как сходство с рядом других выбранных методов. Он может работать с перевернутым классом, но лучше подходит для обучения под руководством инструктора и PBL.

- FS- Перевернутая классная комната: подход перевернутой классной комнаты будет хорошо работать с управляемой самостоятельной работой и создаст активную учебную среду. Такой подход гарантирует, что учащийся будет взаимодействовать с платформой. Тем не менее, этот подход будет зависеть от наличия инструктора, по крайней мере, в некоторых случаях, для взаимодействия с учеником.

- RP - Ролевая игра: этот вариант хорошо сочетается с PBL, поскольку он поощряет студентов понимать другие точки зрения, чем их традиционные.

В целом, проект BIMcert, финансируемый исследовательской программой Европейского Союза Horizon 2020, направлен на обеспечение схемы обучения и квалификации для навыков, необходимых для поддержки внедрения BIM (информационное моделирование зданий) на всей цепочке строительства. BIM предлагает возможность для повышения эффективности строительной отрасли с точки зрения энергии, материалов и времени.

Центральное место в этом занимает создание аккредитованной учебной программы и квалификационных рамок, разработанных в результате работы и результатов каждого рабочего пакета в контексте общенациональных и европейских рамок. Создание аккредитованной структуры учебной программы с соответствующими квалификациями предоставит учащимся и заинтересованным сторонам уверенность в квалификации и стандартах обучения.

Однако для того, чтобы учебная программа имела немедленное и длительное воздействие, она должна быть информирована, адаптирована и реализована для удовлетворения потребностей отрасли. От концепции проекта отрасль была в центре проекта BIMcert, как было определено с помощью инновационного компаса стратегии BIMcert,

Существуют разные модули для разных участников (владельцев, управляющих объектами и т. д.) , а также различных строительных работ (новые или отремонтированные здания). Команда проекта также разработала специальный контент для государственных

администраторов и инвесторов.

Цифровое резюме этого проекта является крайне важным инструментом для глобализации строительного рынка Европы. В конце процесса обучения платформа проекта устанавливает профиль студента, в котором перечислены вновь приобретенные навыки. Пользователи могут составить свое собственное цифровое резюме (паспорт навыков BIM) и, благодаря сторонней сертификации проекта, могут легко подтвердить свои навыки в любой точке Европы. Ожидается, что такая стандартизация повысит спрос на навыки BIM, при этом у компаний и рабочей силы будет достаточно стимулов для инвестирования в повышение квалификации и профессиональное развитие.

Консорциум сейчас сосредоточен на своем плане коммерческой эксплуатации и сформировал BIMalliance для предоставления цифровых решений, навыков и обучения строительному сектору. Самым важным результатом, как считается, будет рабочая сила строительного сектора, квалифицированная в повышении устойчивости зданий. Это очень важно, так как 70% строительных компаний ЕС считают, что те, кто не принимает цифровые инструменты, обанкротятся.

BIMcert не только позволит им конкурировать в новых строительных условиях, обусловленных устойчивым развитием, но также подтвердит статус BIM как наиболее эффективной технологии для снижения выбросов углекислого газа и повышения энергоэффективности в строительном секторе.

Следующий проект альянса это BIMEET (<https://projectsites.vtt.fi/sites/bimeet/>) имеет название «Индивидуальный тренинг BIM для профессионалов в строительстве».

Ищете тренинг по построению информационного моделирования, который конкретно отвечает вашим потребностям? Проект BIMEET предоставляет первый в своем роде репозиторий, где профессионалы в области строительства и обучения могут найти друг друга.

По мере того, как цифровизация и изменение климата сталкиваются, для строительной отрасли возникают неоправданные возможности. Информационное моделирование зданий (BIM) является одним из них. Позволяя заинтересованным сторонам совместно генерировать и управлять данными, относящимися к зданию, в течение всего их жизненного цикла, это может помочь ЕС достичь своих целей в отношении будущего потребления энергии и выбросов углерода.

Вот где реальность вступает в силу. Строительный сектор ЕС сильно фрагментирован, традиционно следует очень линейным рабочим процессам и исторически выступает как неблагоприятный для риска. Все это формирует барьеры для цифрового преобразования и использования BIM, которые регулярно приводят к подобным договорным проблемам (владение моделями), техническим проблемам (функциональная совместимость) и более высоким затратам.

«Если мы учтем все эти факторы, мы поймем, что для повышения квалификации работников строительной отрасли для использования BIM требуется два элемента: сочетание национальных и общеевропейских стратегий

и глубокое понимание необходимости новых навыков в технологическом и договорном контексте - это очень быстро меняется», - говорит Сильвен Кубицки, старший научный сотрудник и технологический сотрудник Люксембургского института науки и технологий (LIST), головной организации проекта VIMEET.

VIMEET (основанная на BIM общеевропейская стандартизированная квалификационная структура для проведения тренинга по энергоэффективности) объединяет университеты и технологические институты из пяти стран ЕС (Финляндии, Франции, Греции, Люксембурга и Великобритании), чтобы дать сектору лучшее понимание рынка потребности, наряду с инновационными схемами обучения. «Наша цель с VIMEET состоит в том, чтобы улучшить навыки, квалификацию и возможности заинтересованных сторон строительства от профессионалов высокого уровня до рабочих «синего воротничка». В конечном итоге, это увеличит проникновение на рынок и внедрение BIM », - объясняет Кубицки.

Чтобы достичь этого, консорциум VIMEET

разработал специальную методологию для определения ролей, навыков и потребностей в обучении в области BIM для повышения энергоэффективности. Они использовали репозиторий записей Твиттера для сбора новых навыков и ролей и разработали учебный портал, который собирает контент из разных источников данных, связанных с BIM. Используя этот инструмент, пользователи могут отслеживать новые тенденции и интегрировать их в будущий учебный контент. Учебный портал эффективно выступает в качестве источника репозитория для информации о BIM и энергоэффективности, а также базы данных доступных обучения BIM [22] . Как выглядит в таком подходе дерево слов ролей в масштабируемом интеллектуальном анализе социальных сетей можно увидеть на рисунке 8; дерево слов навыков в масштабируемом интеллектуальном анализе социальных сетей на рисунке 9 и дерево обучающих слов в масштабируемом интеллектуальном анализе социальных сетей на рисунке 10.



Рис. 8 Дерево слов ролей в масштабируемом интеллектуальном анализе социальных сетей (источник [22])

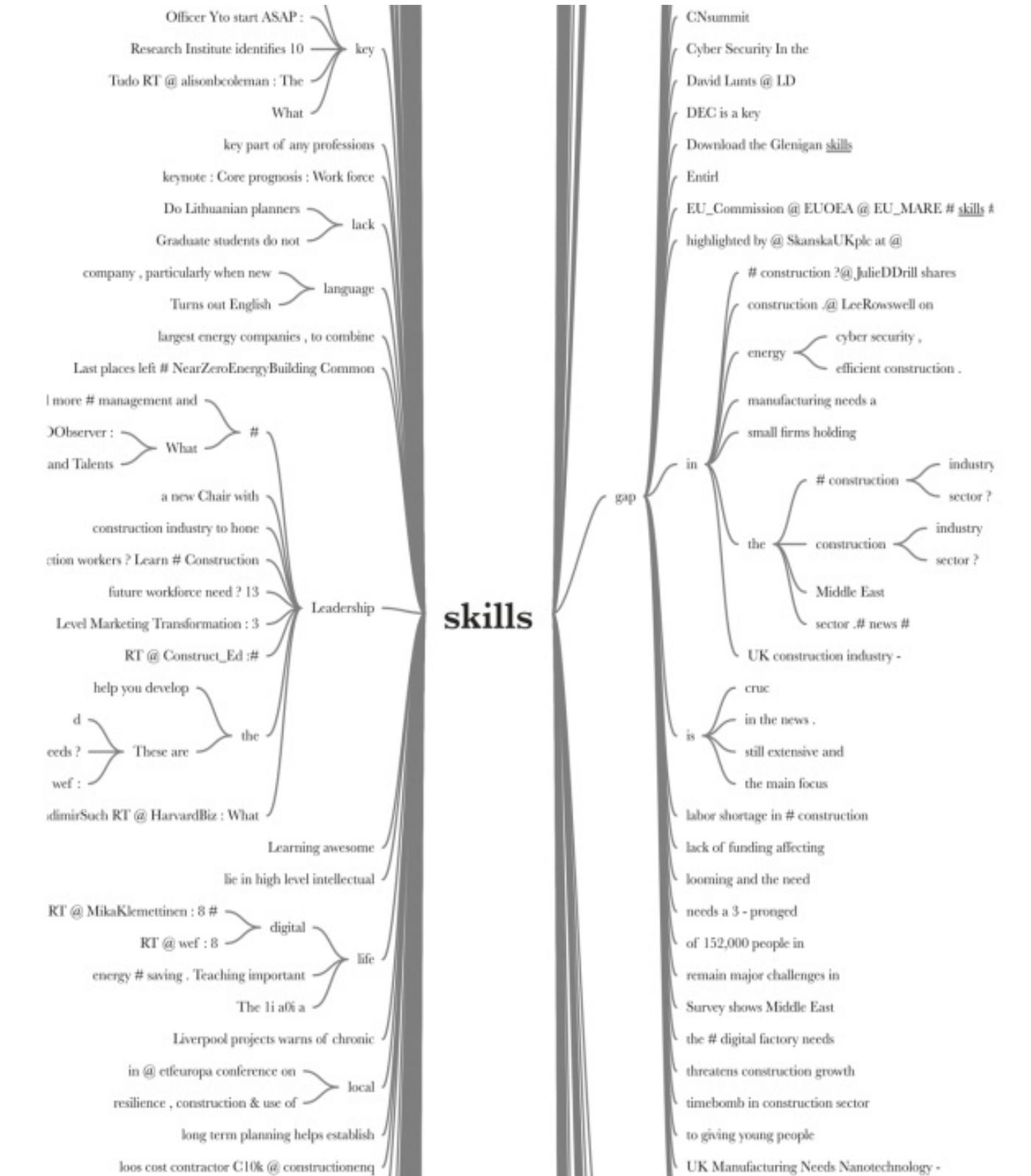


Рис. 9. Дерево слов навыков в масштабируемом [22]) интеллектуальном анализе социальных сетей (источник



Рис. 10. Дерево обучающих слов в масштабируемом интеллектуальном анализе социальных сетей (источник [22])

Учебный портал также предоставляет персонализированные рекомендации по возможностям обучения для строительных специалистов. Специалисты по обучению аналогичным образом разрабатываются, чтобы помочь им точно настроить свой контент в соответствии с характеристиками рынка, на котором они сосредоточены.

Электронное обучение лежит в основе проекта. По словам Кубицкого, это средство, позволяющее проводить более эффективные учебные занятия с привлечением профессионалов, которые с меньшей вероятностью посещают занятия по физической культуре, таких как рабочие. «Одним из наиболее важных достижений проекта является матрица

результатов обучения по BIM и энергоэффективности, разделенная на несколько дисциплин и уровней компетенции», - объясняет Кубицкий.

Завершение BIMЕЕТ было запланировано на февраль 2020 года. К этой дате новые схемы обучения и электронного обучения были завершены и выпущены на рынок под маркой BIMЕЕТ. Платформа и связанные с ней инструменты уже рассматриваются для дальнейшей эксплуатации, в то время как ведутся дискуссии с несколькими учебными институтами и органом по стандартизации, чтобы использовать ее в качестве централизованного хранилища для обучения BIM.

Здания с почти нулевой энергией имеют тенденцию быть более перспективными на бумаге, чем в реальной жизни. Чтобы переломить эту тенденцию, финансируемый ЕС проект альянса BIMplement (<https://www.bimplement-project.eu/>) обучал рабочих на

местах по всей Европе тому, как использовать информационное моделирование зданий.

Считается, что этот процесс стал переломным для сектора строительства и реконструкции. По состоянию на январь 2020 года Директива об энергоэффективности зданий ЕС фактически требует, чтобы любое новое общественное здание было зданием с практически

нулевым потреблением энергии (NZEB). К 2021 году это обязательство будет распространяться на все новые строительные проекты, а ремонтные работы также должны быть выполнены в рамках энергоэффективности зданий ЕС к 2050 году.



Рис. 11. Пример различных возможных уровней квалификации [23].

Оснащение специалистов по строительству новыми навыками для достижения европейских энергетических целей приобретает в ЕС растущую значимость для практических шагов к энергоэффективности. Однако в Европе по-прежнему есть различные возможные уровни квалификации (рисунок 11). При этом по-прежнему существует значительный разрыв между проектной и фактической эффективностью с точки зрения как энергоэффективности, так и качества окружающей среды в помещениях. Это имеет несколько объяснений, одним из которых является отсутствие квалифицированной рабочей силы.

В информационном моделировании зданий (BIM), вместо обычных двухмерных планов операторы строительства и площадки теперь должны скоординированно работать с трехмерными представлениями, дополненными подробными схемами и документами. Это особенно необходимо для зданий NZEB, которые намного сложнее, чем традиционные здания. Здесь наименьший конфликт или недопонимание между различными участниками может легко привести к серьезным ошибкам, непосредственно влияющим на энергоэффективность.

Именно здесь вступает в игру BIMplement (он имеет название - на пути к созданию учебного сектора путем создания крупномасштабной и гибкой методологии квалификации, объединяющей технические навыки, навыки и навыки, связанные с различными навыками и навыками BIM). Проект о BIMplement ориентирован на строительные компании и рабочих, и сфокусирован на

вентиляции и герметичности. Команда проекта разработала различные типы BIM-ориентированного обучения в зависимости от заинтересованных сторон и уровня квалификации. Оттуда они выбрали несколько пилотных лабораторий (национальные или региональные центры обучения BIM или строительные проекты на месте), где будет проходить обучение и первые испытания инструментов и методов обучения, адаптированных для рабочих на месте.

BIMplement, как важный шаг для сближения с различными участниками цепочки создания стоимости строительства, выходит далеко за рамки методологий, инструментов и технического обучения: он учитывает социальное признание, чтобы гарантировать успешную реализацию и присвоение целевыми группами. Кроме того, разрабатываются экспериментальные проекты для обеспечения того, чтобы новые инструменты были адаптированы к национальному или региональному контексту каждого партнера. Эти первые результаты будут затем внедрены и протестированы на так называемых «экспериментальных площадках», то есть реальных строительных проектах, где они будут проверены в различных контекстах.

Возможно, наиболее важной задачей BIMplement является повышение осведомленности и убеждение заинтересованных сторон в важности не только использования BIM в их проектах, но и проведения обучения на местах для работников физического труда с использованием моделей BIM, подходящих для их нужд.

Независимо от того, насколько сложно, это убедительно важно для будущего сектора. Квалифицированные рабочие на местах помогут

избежать ошибок и улучшат качество зданий, и в конечном итоге они станут ключом к достижению целей ЕС в области энергоэффективности к 2050 году.

Последним проектом альянса, который мы рассматриваем, является Net-UBIEP (<http://www.net-ubiep.eu/>) «Повышение энергоэффективности с помощью информационного моделирования зданий». Предоставляя обучение по информационному моделированию зданий, проект Net-UBIEP помогает строительному сектору, владельцам зданий и государственным органам власти принимать обоснованные решения в области энергетики.

Офисы, в которых мы работаем, магазины, в которых мы делаем покупки, и дома, в которых мы живем, потребляют много энергии. На самом деле, здания отвечают за почти 40% общего потребления энергии в Европе. Поскольку Европа стремится сократить выбросы углекислого газа, строительный сектор должен повысить свою энергоэффективность и производительность. Один из способов сделать это - построить информационное моделирование (BIM).

Принимая во внимание все энергетические аспекты всего жизненного цикла здания - проектирование, строительство, управление, техническое обслуживание и снос - BIM помогает снизить воздействие на окружающую среду здания. Используя различные инструменты и технологии, BIM создает цифровые представления о физических и функциональных характеристиках здания. Применительно к энергоэффективности это позволяет строительным специалистам изучать и прогнозировать энергопотребление здания.

BIM - это изменение мышления, которое требует рассматривать здание не как законченную конструкцию, а как последовательность этапов. Поскольку энергетические характеристики здания меняются на протяжении его жизненного цикла, профессионалы в области строительства могут использовать BIM для прогнозирования энергетических характеристик здания на каждом этапе жизненного цикла и на основе этой информации внедрять надлежащие энергосберегающие решения.

Но прежде чем строительный сектор начнет принимать такие энергетически обоснованные решения, он должен сначала охватить процесс BIM - вот где начинается проект Net-UBIEP. Каждый техник, государственный служащий, проектировщик, конструктор и менеджер объекта должны понимать, как информация может быть использована кем-то еще на протяжении всего жизненного цикла здания, считают в Net-UBIEP. Проект направлен на то, чтобы охватить всех этих специалистов и предоставить им обучение и

мотивацию для внедрения процесса BIM.

В рамках проекта были разработаны схемы обучения, квалификации и сертификации BIM, в которых конкретно учитывается недостаток энергии в строительном секторе. Заполнив схемы, профессионал будет признан компетентным в качестве оценщика BIM, менеджера объекта, координатора, эксперта или пользователя.

Все материалы Net-UBIEP общедоступны через веб-сайт проекта на восьми языках (хорватском, голландском, английском, эстонском, итальянском, литовском, словацком и испанском). Курс электронного обучения также доступен для техников, которые, как правило, не могут проходить очный курс.

В проекте надеются повысить компетенцию в области энергоэффективности более чем 2000 специалистов в строительстве к его завершению в 2020 году. Исследователи проекта призывают государства-члены, университеты и профессиональные ассоциации содействовать освоению квалификационных курсов Net-UBIEP.

Команда Net-UBIEP также работает с государственными администрациями, чтобы сделать обучение и сертификацию BIM обязательным требованием в процессе государственных закупок.

Наконец, 28 октября 2019 года Net-UBIEP подписал Меморандум о взаимопонимании с Building Smart International (bSI), позволяющий включить квалификационную схему Net-UBIEP в качестве нового модуля Индивидуальной квалификационной программы bSI. Это важно, потому что после достижения этой цели любая страна в мире сможет получить доступ к квалификации Net-UBIEP через свою национальную часть bSI [24]. Так как Россия имеет национальную часть bSI то это важно и для нашей страны.

Мы ограничили рассмотрение образовательных BIM проектов ЕС всего пятью проектами и темой энергосбережения (EE), но даже в этом случае мы надеемся, что дали нашему читателю с этим важным направлением ознакомиться. Тема энергосбережения (EE) крайне важна и очень широкая, что видно из онтологий концепций вариантов использования BIM для EE (рисунок 12). Работа подводит сегодняшние итоги образовательных BIM проектов ЕС для EE и далее мы приводим из нее некоторые выдержки.



Рис. 12. Онтология концепций вариантов использования BIM для EE [25]

Вместе с тем такие результаты и проекты, о которых мы говорили выше, послужили основой для разработки целей обучения и соответствующей матрицы компетенций, которые в настоящее время приняты Европейской комиссией для предоставления обучения и обучения BIM в области BIM для энергоэффективности в строительной отрасли [25]. Поскольку строительные проекты предполагают междисциплинарное / многостороннее сотрудничество в течение жизненного цикла проекта, результаты опроса также исследовали текущие информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и методы сотрудничества между командами по типичным проектам строительной отрасли BIM. Создание и поддержание совместной командной среды - важная задача в совместных строительных проектах. Основываясь на результатах анализа, большинство респондентов согласились с тем, что руководители проектов несут ответственность за подготовку среды для совместной работы над строительным проектом, и они придерживались мнения, что ответственность за это варьируется от одного проекта к другому [25]. Создание онлайн-сообществ требует надежного механизма для контроля взаимодействия между конечными пользователями и их доступа к ресурсам, как полагают в [25]. Предлагая платформу energy-bim.com, авторы [25] намерены внести свой вклад в создание онлайн-сообществ BIM, которые обеспечивают доступ к знаниям и предоставляют более информированные методы строительства, в части развития подходов EE.

В статье [25] авторы рассмотрели этап критериев выявления требований для выявления пробелов и новых стратегий для предоставления BIM для EE. Авторы использовали совместный и поэтапный подход и привлекли группу экспертов с целью установления связи с ключевыми сообществами заинтересованных сторон, чтобы помочь выявить, а затем просмотреть и

проанализировать прошлые и текущие проекты, связанные с энергоэффективностью, включая аспекты BIM. Эта работа была направлена на сборку основанных на фактических данных количественных / измеримых сценариев и сценариев использования, которые демонстрируют роль BIM в достижении энергоэффективности в зданиях по всей цепочке создания стоимости. Авторы [25] записали 38 примеров передового опыта из области BIM для энергоэффективности и провели углубленный анализ, чтобы определить пробелы в BIM для обучения энергоэффективности и возможные области улучшения. Эти варианты использования публикуются и поддерживаются на платформе energy-bim.com и доступны для потенциальных пользователей по всей Европе. Полученные доказательства были структурированы по этапам и дисциплинам, выделяя цели заинтересованных сторон, от рабочих до лиц, принимающих решения. В рамках документа основной целью было выявить разрыв между спросом на навыки и обучением применению BIM в EE. В [25] использовали подход, основанный на консультациях, и методы агрегирования вариантов использования с помощью семантической поисковой системы, чтобы способствовать отправке вопросов BIM с коллекциями соответствующих онтологических принципов для сбора «реальной» информации BIM и поиска лучших практик. Процесс консультаций, описанный в [25], помог определить навыки, связанные с BIM, а также соответствующий спрос на энергоэффективность в зданиях, чтобы определить требования к обучению BIM по всей цепочке создания стоимости (от рабочих до работников среднего / высшего звена).

В частности, в [25] определили, что BIM применяется только для определенных типов и дисциплин общественных зданий, тогда как коммерческие и промышленные здания, похоже, требуют больше навыков и компетенций в отношении того, как внедрить BIM для EE. Точно так же в [25] определили, что BIM преимущественно внедряется на

этапах строительства в процессе эксплуатации, и требуется больше знаний для других этапов жизненного цикла, таких как определение и подготовка. Что касается воздействия, в [25] отметили, что внедрение BIM может значительно сократить потребление энергии и воды, но другие области строительства требуют дополнительных знаний для интеграции BIM. На уровне дисциплин в [25] определили, что рабочие и инженеры нуждаются в обучении BIM для ЕЕ, а также на организационном уровне, где проектировщики, подрядчики и команды управления объектами должны быть интегрированы в будущее обучение BIM. В этой статье [25] проанализировали конкретный контекст ЕС, чтобы понять текущее состояние дел в области BIM для энергоэффективности. Это исследование отражает строительную отрасль в странах с развитой экономикой, поскольку BIM используется глобальным измерением организаций, а BIM применяется в их проектах. Хотя процесс анализа был разработан с использованием Европы, люди, участвовавшие в консультациях [25], работали с глобальными организациями и подчеркивали, что результаты в разных странах по всему миру будут

распространяться и на другой контекст.

Распространение этого образовательного опыта на другой контекст (в данном случае это Тайвань) можно найти в статьях [26], [27].

Так, исследование [26] предлагает совершенно новый стиль обучения для улучшения изучения инструментов BIM. Система рецензирования, разработанная в этом исследовании, содержит рекомендации по разработке курса на основе рецензирования и веб-платформу для проведения рецензирования. Результаты показали, что эта система имеет довольно хорошую осуществимость и эффективность для оценок [26]. Баллы, выставленные студентами, соответствовали оценкам преподавателя. Кроме того, студенты в целом положительно восприняли систему экспертной оценки, что способствует их результатам обучения [26].

В работе [27] приводится интересная классификация курсовых материалов BIM, которую мы воспроизводим на рисунке 13.

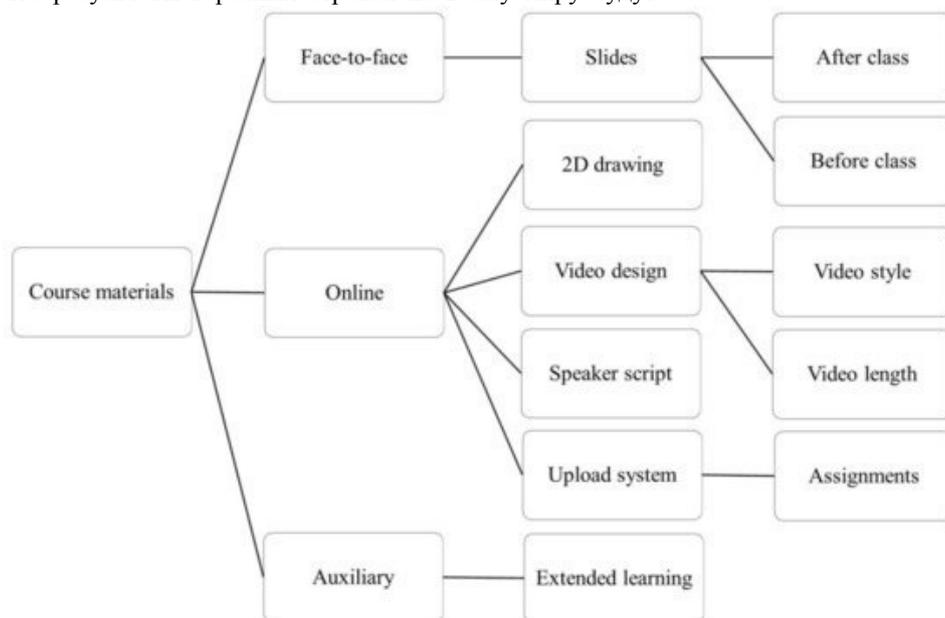


Рис. 13. Классификация курсовых материалов BIM. [27]

Обзор состояния BIM образования в различных университетах Европы, которые и реализуют общеевропейские проекты BIM образования в рамках общей идеологии [28] можно прочитать в [29].

IV ТРАНСФОРМАЦИЯ BIM ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВЫХ БЛИЗНЕЦОВ

В предыдущих разделах мы постарались показать, что BIM образование, как и само информационное моделирование, это чрезвычайно многогранный и развивающийся процесс, который достаточно трудно помещается в традиционные рамки.

Информационное моделирование зданий (BIM) сегодня считается настоящей вехой в строительной отрасли, поскольку BIM может широко использоваться

на протяжении всего жизненного цикла проекта для различных целей и оказывает положительное влияние на повышение производительности строительного сектора. Оно рассматривается как метод создания и обработки цифровых представлений здания от этапа проектирования до этапов строительства до этапов эксплуатации и технического обслуживания. Таким образом, BIM образование играет важную роль в инженерных исследованиях. Он служит основой для переосмысления инженерного образования, поскольку помогает генерировать различные виды навыков и знаний, требуемых для строительной отрасли, и, таким образом, обеспечивает технологические, управляемые и стимулируемые политикой достижения в инженерных исследованиях [30].

В экономике знаний ключевую роль играют семантически связанные и достоверные данные, такой же дизайн как первый шаг к внедрению в образование

цифрового двойника [3,31-38] обсуждается в [39].

Результаты [39] демонстрируют, как экспериментальный подход к BIM посредством циклов итеративного проектирования-анализа-синтеза позволяет такое вовлечение студентов. В целом, проект, описанный в [39], привел к тому, что студенты приобрели значительную способность моделировать и оценивать итерации проектирования за счет использования данных, созданных с использованием BIM, обеспечивая как лучшее понимание того, как проектные решения влияют на капитальные затраты и использование энергии, так и способствуя критическому мышлению через процесс проектирования. Неотъемлемой частью проекта была разработка высококачественных моделей BIM и продвинутые навыки BIM, такие как оценка затрат и моделирование энергии на месте [39].

Принимая во внимание результаты успеваемости учащихся, общее качество модели было довольно высоким, менее 10% демонстрировали проблемы моделирования, которые привели к нереалистичным энергетическим характеристикам, и анализ основных причин этих проблем - плохие определения семейства стен и геометрические ошибки - сообщил создание дополнительных учебных ресурсов [39]. С точки зрения экологически устойчивого проектирования результаты обучения студентов были хорошими, и подавляющее большинство студентов получили представление о ключевых концепциях проектирования в условиях холодного климата [39]. Они включали в себя компромисс между дневным обогревом и охлаждением за счет большого количества остекления, что привело более чем на 90% к достижению улучшенных энергетических характеристик за счет изменения процентного содержания и / или ориентации остекления, а также признание пониженной чувствительности к климату, обеспечиваемой большим количеством стекол.

компактные массирования (примерно 50% студентов) [39]. Отзывы студентов, полученные в ходе опросов и оценок курсов, демонстрируют, что этот проект [39] эффективен как для оснащения студентов передовыми навыками BIM, так и для поощрения их к синтезу широкого спектра данных, полученных с помощью моделирования, для уточнения и разработки своих проектов для повышения устойчивости. Снижение затрат было последовательно хорошо выполнено и интегрировано в согласованную смету капитальных затрат, и этот аспект проектирования был хорошо рассмотрен при оценке проекта и (годы 3 и 4) доработанном дизайне.

Как показано [39] в выбранных примерах и представленном статистическом анализе, учащиеся последовательно демонстрировали повышенное понимание физики строительства, а также экономики проекта благодаря участию в этом проекте, эффективно используя BIM для проведения простого анализа и оценки этого анализа, чтобы принимать обоснованные решения для уточнения своих конструкции. Студенты последовательно демонстрировали использование BIM для анализа, синтеза и оценки, таким образом, начиная с достижения более высоких результатов обучения [39].

С педагогической точки зрения, вторая итерация проекта [39] дала в целом наилучшие результаты, а выгода от совместной работы по разработке окончательного усовершенствованного дизайна очевидна с точки зрения экспериментального обучения и конструктивизма. Студенты последовательно демонстрировали высокий уровень вовлеченности в ходе выполнения проекта, подкрепленный творческим подходом к постановке своих дизайнерских проблем. Кроме того, во время этой итерации были достигнуты самые высокие уровни достижений в Таксономии Блума [39] (рисунок 14).

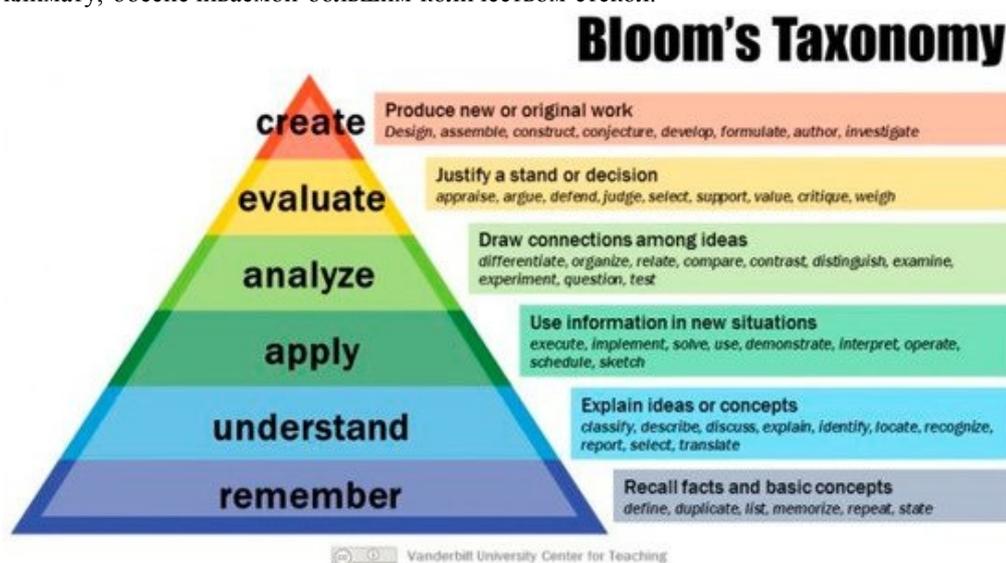


Рис. 14. Таксономия Блума [39]

Кроме правильных данных очень важным аспектом технологий цифрового двойника является пространственная и цифровая визуализация [40].

Из-за высокого спроса на выпускников высших учебных заведений в отрасли крайне важно, чтобы они знали как пространственную, так и цифровую визуализацию при использовании новейших технологий и программного обеспечения. Это подняло некоторые

важные вопросы для учебных программ АЕС в университетах, таких как; «Как, когда и какой тип вычислений включить в учебную программу [АЕС] образования» [40].

Теперь студенты должны подготовиться к технологическим достижениям, которые профессиональная индустрия внедрила за предыдущие четыре десятилетия. Неспособность сделать это в образовательной системе подвергает учащихся риску утратить свое конкурентное преимущество в поиске работы, а также в профессиональных навыках [40].

Ниже, следуя [40], мы приводим список причин, по которым внедрение цифровой визуализации необходимо для студентов АЕС, и дает студентам положительный эффект при использовании цифровой визуализации в своих основных курсах.

1. [Цифровая визуализация] может облегчить определенные технические трудности, с которыми студенты могут столкнуться при выражении своих идей и изучении сложных архитектурных форм, которые они, возможно, не смогут выразить с помощью ручных методов.

2. [Цифровая визуализация] может позволить учащимся изучить больше альтернатив за более короткий период времени и, таким образом, возможно, прийти к лучшему решению проблемы проектирования и лучшему пониманию самой проблемы.

3. [Цифровая визуализация] может помочь учащимся визуально и численно понять последствия принимаемых ими дизайнерских решений и лучше интегрировать технические аспекты, которые обычно изучаются на других курсах, в свои студийные дизайнерские проекты.

4. [Цифровая визуализация] может позволить студентам «открывать» новые идеи, устраняя риск необходимости воспроизводить дизайн, если подход не окупается.

5. [Цифровая визуализация] может обеспечить «мгновенную обратную связь» в любое время дня и ночи.

Основная цель педагогического вмешательства в учебную программу [40] - дать учащимся доступ к иммерсивному опыту с помощью технологии цифровой визуализации, которая позволяет реализовать концепцию пространственной визуализации. Идеальный результат этого вмешательства позволит студентам лучше понять двухмерные и трехмерные рисунки, которые подготовят их к будущей карьере. Возможность визуализировать трехмерный объект на основе просмотра двухмерных представлений может быть легкой для некоторых людей; однако другим трудно понять объекты, учитывая их ограниченные навыки пространственной визуализации [40].

И AR, и VR как элементы континуума смешанной реальности полагаются на взаимодействие человека с компьютером, причем обе технологии сочетают в себе отображение окружающей среды и отображение трехмерного виртуального контента. Так цифровой двойник может быть закорен в пространстве и времени. Следовательно, независимо от используемых определений MR и цифрового двойника, все эти аспекты

влияют на AR и VR и, следовательно, влияют на цифровой двойник и выбор MR. Это особенно верно в отношении новых и развивающихся определений парадигмы MR, основанных на принципах погружения, взаимодействия и ввода и вывода информации, о чем мы говорили выше.

В статье [41] было обнаружено, что использование MMR в обучении может привести к улучшенной учебной среде, которая обеспечивает уникальный опыт обучения и вовлеченность студентов на протяжении всего учебного процесса. Некоторые из основных характеристик этого метода доставки можно найти в аспектах расширенного обучения, таких как улучшенное вовлечение в обучение и мотивация, улучшенное взаимодействие, повышенное веселье и удовольствие. Внедрение этих методов в учебную программу, согласно [41], привело к улучшенной среде обучения и, как следствие, к улучшенным результатам обучения, особенно в том, что касается BIM и строительного образования. Визуализация категории опыта виртуальной реальности и возникающих тем в образовании показано на рисунке 15.

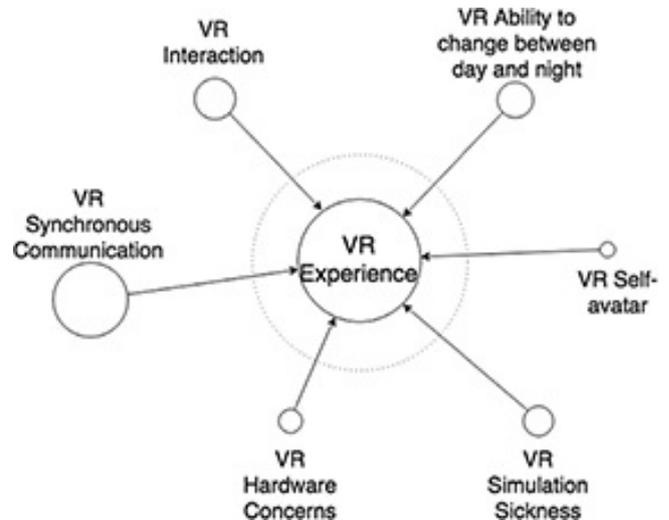


Рис. 15. Визуализация категории опыта виртуальной реальности и возникающих тем [41]

Мотивация другого исследования [42] исходит из важности технологий виртуальной реальности в образовательной среде АЕС и их потенциала для улучшения успеваемости учащихся. В этом исследовании [42] был проведен обзор мировых движений в отношении BIM и VR в обучении и образовании АЕС, а также определены технологии, области применения и направления будущих исследований. В этом исследовании [42] основное внимание уделяется использованию технологий BIM и VR в образовании и обучении АЕС в классе, а также тому, как эти технологии могут улучшить понимание учащимися всех аспектов концепций АЕС. На начальном этапе в [42] сначала был проведен всесторонний обзор BIM и VR и их интеграции в отрасль АЕС, чтобы выделить требования отрасли для их применения.

Авторы [42] дополнительно оценили приложения

BIM-into-VR в литературе и в реальной жизни, изучив успеваемость студентов по восьми характеристикам, относящимся к среде VR и успеваемости студентов в рамках двух проектов, один из которых связан с «Проектом NASA Mars Habitat Project». и другой, связанный с «Проектом Центра Норриса» в Северо-Западном университете США [42]. Результаты [42] подтвердили удобство использования и эффективность преобразования BIM в VR в улучшении основных характеристик обучения учащихся: обучаемости, взаимодействия, визуализации, реального мира, взаимодействия, творчества, мотивации и комфорта. В исследовании [42] рассматриваются преимущества использования преобразования BIM в VR в программах АЕС.

Рабочий процесс преобразования BIM в VR для проекта NASA Mars Habitat из этой работы мы приводим на рисунке 16. Функции виртуальной реальности, связанные с успеваемостью ученика можно увидеть на рисунке 17.

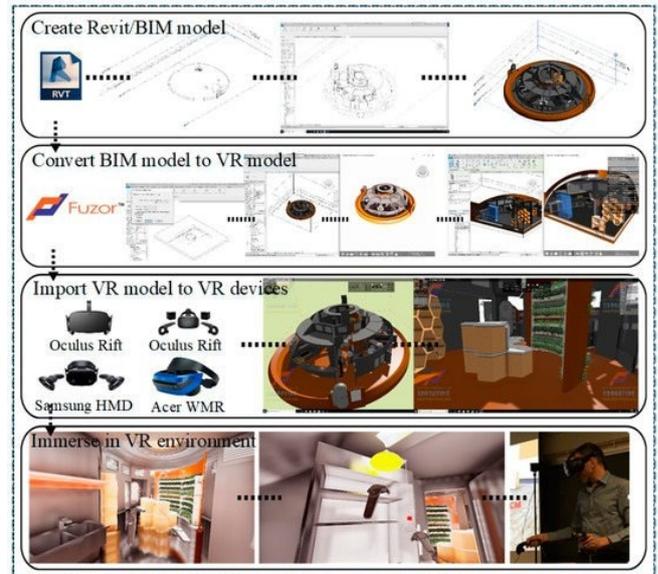


Рис. 16. Рабочий процесс преобразования BIM в VR для проекта NASA Mars Habitat [42]

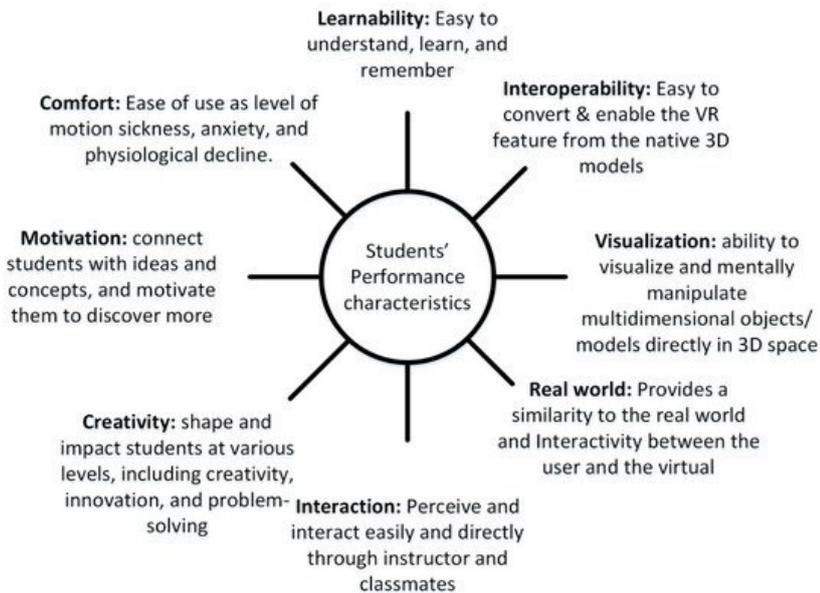


Рис. 17. Функции виртуальной реальности, связанные с успеваемостью ученика [42]

Технология трехмерной (3D) визуализации, такая как дополненная реальность (AR), служила дисплеем для совместного архитектурного проектирования на основе информационного моделирования зданий (BIM), чтобы обеспечить более эффективное наблюдение за проектом и обмен информацией для заинтересованных сторон [49]. Тем не менее, у AR есть несколько технических ограничений с точки зрения проблем с личными устройствами, взаимодействия с пользователем и качества визуализации. Для решения этих проблем была введена новая форма AR, называемая пространственной дополненной реальностью (SAR), которая использует цифровой проектор для представления графики на физических объектах для увеличения объектов реального мира. Таким образом, SAR имеет большие преимущества и возможности в сочетании с BIM для совместной разработки, как отмечено в [49]. Так как эта

новая базовая концепция пространственной дополненной реальности влияет на развитие BIM образования в сторону цифрового двойника, мы приводим ее на рисунке 18.

Еще одним важным элементом цифрового двойника является возможность его использования с данными BIM для этапа эксплуатации (Facility Management). Оригинальный способ обучения этому на собственных университетских площадях предложен в работе [43].

Целью данной статьи [43] было предоставить систему управления на основе информационного моделирования зданий (BIM) для Школы гражданского строительства (ETSICCP) Мадридского политехнического университета с долгосрочной перспективой развития. Система управления информационным моделированием зданий (BIM) для сложных объектов инфраструктуры требует детальной трехмерной модели в соответствии с будущими требованиями к управлению. В этом

исследовании инфраструктура ETSICCP была смоделирована на различных этапах и синхронизирована не только с внешней образовательной информацией, но и с параметрами управления объектами (FM) [43].

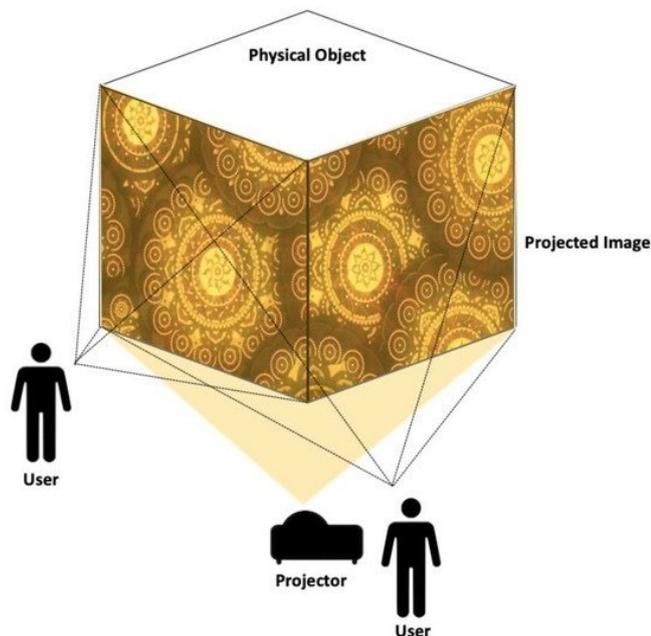


Рис. 18. Базовая концепция пространственной дополненной реальности [49]

Методология, использованная в этом исследовании [43], варьируется от чистого листа до подробной FM-системы на основе BIM, ориентированной на планирование обучения по всей инфраструктуре, предоставляя информацию в реальном времени, синхронизированную с электронными таблицами и трехмерной моделью. Результатом этого документа является множество будущих линий управления, таких как BIM-управление COVID-19 или синхронизация с приложениями местного общественного транспорта (в основном, метро и автобусные транспортные системы) через общедоступный интерфейс прикладного программирования (API). Значение этого исследования [43] зависит от создания системы информации и управления, основанной на BIM-модели университетского городка. Этот проект был разработан для всех агентов, участвующих в его работе, студентов, преподавателей и менеджеров [43].

Из других работ, подготавливающих переход к внедрению в образовании BIM расширений до цифрового двойника, стоит отметить [44- 48, 61]. Так в [48] представлены результаты обучения на семинаре Open InfraBIM и автоматизации строительства в Центре автоспорта Оулузоне, Финляндия, в октябре 2019 года. Всего 45 студентов из Университета Оулу, Университета прикладных наук Оулу и профессионального колледжа Оулу бросили вызов в том, чтобы построить трассу Speedway, используя новейшие инструменты, такие как облачный сервис в реальном времени, рабочие машины с автоматизированными системами управления 3D и дроны. Кроме того, участникам семинара был

продемонстрирован автономный экскаватор. Студенты были разделены на шесть групп. У каждой группы было шесть разных интересных задач на типичной строительной площадке под руководством учителей и экспертов технологической компании. Идея заключалась в том, чтобы попрактиковаться в реальной работе на строительной площадке и решении проблем. Отзывы студентов, преподавателей и экспертов технологических компаний были положительными. Практическое обучение оказалось отличным способом обучения автоматизации и робототехники на основе открытого InfraBIM [48].

Однако, наиболее емко соединение различных технологий и использование цифрового двойника, как мы полагаем, описано в работе из Австралии [50]. Начиная с название этой статьи «Цифровой двойник и веб-технологии виртуальных игр для онлайн-образования: пример управления строительством и инженерией» ее содержание это увлекательное изложение движения в сторону цифровой педагогики. Автор описывает удачное применение методов цифровых педагогики и близнецов для подготовки специалистов по подземным строительным работам в конкретном учебном заведении Австралии. Стоит отметить, что Австралия сегодня это очень заметное явление на мировой карте цифровой экономике [51], соответственно, цифровому образованию и EDTECH там уделяется огромное внимание.

Виртуальное образование, на котором многое базируется в подходе [50], использует набор систем, включая оборудование и программное обеспечение, которые обеспечивают иммерсивную среду или «сенсорную иллюзию», позволяющую почувствовать себя присутствующим в другой среде [50]. В виртуальном образовании критическими факторами являются погружение, восприятие, присутствие и интерактивная деятельность учащихся. Уровень качества этих факторов, включая погружение и интерактивность, связан с технологическими атрибутами используемой технологии, такими как цифровые изображения / видео, разрешение экрана и другие связанные устройства [50].

Некоторые факторы, связанные с моделью принятия технологии, включают полезность и удобство использования [50]. Однако некоторые другие факторы, связанные с психологическими аспектами обучения, например мотивация, могут повысить эффективность обучения и обычно учитываются в инструментах виртуального обучения. Также в работе [50] обсуждают, что когнитивные факторы также важны, поскольку они улучшают понимание и запоминание изучаемых предметов в виртуальной среде. Запоминание увеличивает способность учащихся вспоминать события, факты или определения. В [50] обсуждают, что «погружение, присутствие и интерактивность» следует рассматривать в технологическом проектировании как основные характеристики виртуального модуля. С психологической точки зрения погружение относится к состоянию, при котором ученик чувствует себя изолированным от ощущений присутствия в реальном

мире [50].

В процессе такого совместного цифрового обучения учащиеся не только работают вместе для выполнения своих групповых проектов, но им также необходимо активно работать со своими товарищами по группе и исправлять друг друга. Компьютерные системы совместного обучения нуждаются в дальнейшем развитии, как отмечают в [50] и, как нам представляется, делают очень существенный взнос в это развитие. Этот тип совместного обучения известен как социоконструктивистский [50], признано также, что этот тип практики улучшает навыки саморегуляции учащихся и их навыки обучения, обеспечивая обратную связь от сверстников при завершении своего проекта. На рисунке 19 приведена общая блок-схема разрабатываемых образовательных онлайн-модулей, включая скриншоты приложений, в том числе цифровой двойник экскаватора для цифрового обучения.

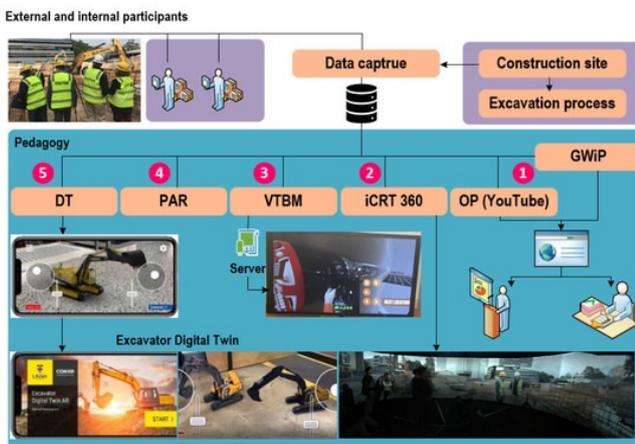


Рис. 19. Блок-схема разрабатываемых онлайн-модулей, включая скриншоты приложений, в том числе цифровой двойник экскаватора для цифрового обучения [50].

Физическая область иммерсивной части предлагаемого в [50] решения представляет собой стереоскопическую интерактивную систему. Она состоит из цилиндрического полотна, на котором пять проекторов высокого разрешения визуализируют изображение. Эти пять проекторов работают вместе синхронно, обеспечивая плавную и захватывающую трехмерную (3D) визуализацию движения (рисунок 20).



Рис. 20. Панорамирование образца модуля iCRT, использованного в учебном курсе [66,67] (См. <https://www.youtube.com/channel/UCOzhGK8xOdoCc3Y9mJHnAnA/>) [50].

Кроме того как сказано в [50], системы отслеживания движения и стереозвук в среде VR позволили студентам взаимодействовать с проецируемыми модулями,

предоставляя возможность иммерсивного опыта в интерактивной среде VR. Добавленными функциями в этом формате были горячие точки, которые подробно описывают определенные части процесса строительства, включая задействованное оборудование. Горячие точки содержали как короткие видеоролики, так и фотографии, чтобы дать более подробное объяснение этих процессов и оборудования. Эта функция позволяла проявлять определенную гибкость за счет различного акцента на описании различных аспектов строительной площадки [50].

Подземные работы, раскопки и бурение небезопасны для посещения учащимися, поскольку в местах, где они проводятся, существует множество опасностей. Кроме того, весь процесс забивки свай, включая выемку грунта, установку каркасов, бетонирование, может оказаться невозможным во время посещения. Поскольку эти места небезопасны, и время также не контролируется, существует необходимость визуализировать и создавать больше интерактивных виртуальных ресурсов для учащихся [50], что показано на рисунке 21.

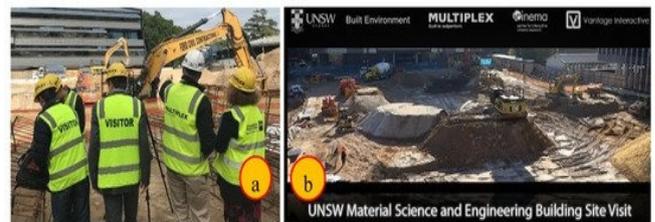


Рис. 21. Руководство группой внутренних и внешних сторон для разработки модулей от полевых работ до производства цифровых лабораторий. (a) полевые исследования по производственному планированию в 2017 г.; и (b) съемка 360 кадров, включая логотипы некоторых шаблонов, использованных в производстве [50].

Эти описанные в [50] ресурсы нацелены на то, чтобы дать студентам виртуальный опыт работы на значительном объекте и раскопках посредством познавательного обучения в учебной среде на рабочем месте. Когнитивное обучение направлено на обучение учащихся процессам, которые эксперты используют для решения сложных задач, в контексте, в котором они обычно и естественно выполняются. Они также направлены на моделирование реальных когнитивных процессов, которые необходимо предпринять для изучения сложной задачи [50]. Строительная площадка, где студенты могут оказаться в окружении огромных земляных работ и оборудования стоимостью в миллионы долларов, теперь может быть испытана на собственном опыте с помощью этих новых цифровых и виртуальных технологий экономичным, безопасным и эффективным способом [50].

Для большей доступности и дальнейшего воздействия (хотя и в более низком качестве) 360-градусные VR-видео были загружены в службу доставки видео,

поддерживающую VR-видео, на YouTube [50]. Студенты могут просматривать видеоконтент VR через настольный / мобильный веб-браузер или через приложения YouTube для Android / iOS. Если учащиеся открывают эти ссылки в Google Chrome, они могут видеть детали строительной площадки или процесса пилинга, увеличивая / уменьшая масштаб. Например, если ученик прокручивает мышью, пользователь приближается или удаляется от цели. Студенты смогут щелкать и перетаскивать мышью, чтобы смотреть во всех направлениях строительной площадки, чтобы исследовать все вокруг [50].

Третий онлайн-модуль (см. рисунок 22), описанный в [50], называется VTBM. Это игровая виртуальная среда, позволяющая учащимся изучить, как туннелепроходческая машина работает под землей. Этот модуль обеспечивает пошаговый процесс с использованием интерактивного виртуального оборудования, где студенты находятся в разных частях университета или за его пределами. Они могут виртуально входить в VTBM вместе (рисунок 22). Количество студентов или групп студентов, допущенных в иммерсивную виртуальную среду, не ограничено. Каждый наставник или ученик может пригласить до десяти учеников одновременно присоединиться и участвовать в качестве членов группы, чтобы вместе исследовать иммерсивную виртуальную среду. VTBM позволяет им иметь одинаковый опыт голосовой связи и именованных аватаров для всех членов группы, которые затем могут видеть друг друга в пространстве VTBM под землей. В VTBM все студенты могут индивидуально пройти через виртуальную подземную среду и исследовать различные области ТБМ, расположенные под землей [50]. В виртуальном туре под землей, они исследуют компоненты и задачи, относящиеся к операциям ТБМ, такие, как режущая головка, выемочная камера, смесительный рычаг, переборка, винтовой конвейер, монтажник, обшивка хвоста, футеровка туннеля, гидроцилиндры и процесс обратной засыпки. VTBM основан на общей модели туннеля 3DMax и некоторых изображениях (например, 360 и 3D), собранных в ходе различных занятий, поэтому учащиеся смогут исследовать более реалистичные подземные движения и работу ТБМ под любым углом с помощью ноутбука или HTC гарнитурой Vive.

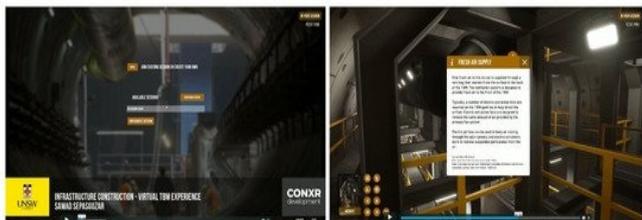


Рис. 22. Скриншоты со страницы входа (слева) и одной из информационных горячих точек на VTBM (справа).

В VTBM было встроено несколько горячих точек, что

указывает на некоторые интересные моменты обучения в разных частях модуля [50].

VTBM - это модуль многопользовательской операционной системы (см. рисунок 22), который можно использовать вместе с Discord и Hamachi. Hamachi требуется, когда репетитор позволяет более чем одному удаленному студенту в другой сети за пределами университета подключаться, как если бы они были в одной сети [50]. Hamachi - это отдельное приложение, которое создает виртуальную сеть через Интернет. Учащиеся могут обсуждать все компоненты при изучении ТБМ, используя микрофон своего устройства, поскольку есть опция голосовой связи, которая позволяет всем учить студентов общаться со своими товарищами по команде с помощью Discord. Discord - это дополнительный инструмент, который следует устанавливать отдельно. Это позволит наставникам приглашать студентов в каналы (потенциально по одному каналу на класс) и поддерживать непрерывность и прозрачность голосовой беседы до и после начала работы сетевого ТБМ [50]. На рисунке 23 показаны дополнительные возможности модуля VTBM.



Рис. 23. Использование VTBM на большом экране в открытом пространстве для обучения в FBE (слева) и испытание VTBM с помощью монитора и гарнитуры HTC Vive Pro с другим пользователем, входящим в VTBM из другого места в режиме совместной многопользовательской игры [50].

В среде виртуальной реальности существует, согласно [50], 10 упорядоченных мест для вставки, включая соответствующие эскизы изображений, которые позволяют учащимся знакомиться с десятью конкретными идентифицированными сайтами и читать контент, представленный в горячих точках (см. Меню на рисунке 24). Среди горячих точек одна представляет собой свежий воздух, а другая относится к инциденту утечки воздуха, описывая неисправность и ее последствия. Эти горячие точки могут быть полезны для регистрации рисков и анализа рисков [50].

Пятый онлайн-модуль - это цифровой двойник экскаватора, связанный с физическим объектом экскаватора. Модуль DT предоставляет виртуальный экскаватор, поэтому студенты могут использовать его для изучения различных движений экскаватора. Это шаг вперед к использованию цифрового двойника в образовательных целях.



Рис. 24. Скриншоты из меню и разных разделов [50].

Связь между цифровым двойником и физическим двойником должна быть на территории кампуса, но использование цифровой версии для моделирования и практики студентов возможно, поскольку она была разработана для виртуального обучения [50]. Эта практика может изменить образовательный подход к практическим курсам [50], как показано на рисунке 25.

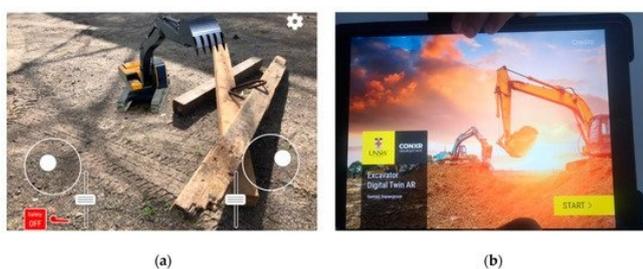


Рис. 25. Цифровой двойник AR выбранного экскаватора. (а) экскаватор AR, работающий в полевых условиях (<https://www.globalconstructionreview.com/innovation/australian-academic-develop-digital-twin-digger/>); (б) цифровая модель на iPad [50].

Этот проект [50] был направлен на то, чтобы представить набор новых технологий и практик, которые были использованы для развития цифровой педагогики. Они представили технологии, которые позволяют инструкторам контролировать успеваемость учеников и давать им немедленную обратную связь в больших классах, где инструктор не может отслеживать учеников, используя традиционные подходы.

Отметим также, что все рассмотренные подходы являются контекстно-зависимыми приложениями [62].

V ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развивая идеи публикаций [52-55], мы попробовали показать трансформацию образования в цифровой мир на примере развивающихся совместно технологий BIM и цифрового двойника. То, что эти две технологии развиваются в секторе жизненного цикла зданий и сооружений и становятся одним из столпов построения национальных цифровых двойников, следует из публикаций [3, 11-17], однако мы решили ее дополнить, подготовив обзор проектов на эту тему ЕС. Вот, возможно не полный, перечень этих проектов с их названиями и веб адресами:

1. COGITO Строительная фаза цифрового двойника (<https://cogito-project.eu/>);

2. BIM2TWIN Оптимальное управление

строительством и производственный контроль (<https://bim2twin.eu/>);

3. ARtwin AR облако и решение для цифровых близнецов для промышленности и строительства 4.0 (<https://artwin-project.eu/index.php/reports/>);

4. BIMprove Улучшение информационного моделирования зданий за счет отслеживания строительных процессов в реальном времени (<https://www.bimprove-h2020.eu/>);

5. Ashvin Помощники по здоровому, безопасному и производительному виртуальному проектированию, эксплуатации и техническому обслуживанию строительства с использованием цифрового двойника (<http://www.ashvin.eu/>);

6. SPHERE Сервисная платформа для размещения и рассылки данных в режиме реального времени (<https://sphere-project.eu/>).

Отобранные нами 7 европейских проектов отлично финансируются и должны достигнуть высокого уровня технологической зрелости (TRL), достаточной для практического использования их результатов. Впрочем, мы решили привести для нашего читателя некоторую хронологию выпуска итоговых документов по части этих проектов.

3 мая 2021 г. Был выпущен BIMprove D1.6 - Правовые аспекты [52].

В нем сказано, что цифровой двойник создается на основе всех доступных источников данных, прогнозов и ожидаемых результатов, доступных для данной строительной площадки. Большая часть данных поступает из источников, которые могут регулироваться законодательством и / или защитой личных данных. В этом документе обсуждаются возможности и ограничения использования таких источников. Анализ проводится на промышленных пилотных сценариях использования в проекте.

26 апреля 2021 г. опубликован BIMprove D1.5: Интерфейсы интеграции данных для строительной индустрии с использованием BIM и Digital Building Twins [53]

В документе [53] описывается взаимодействие серверной части цифрового двойника BIMprove с внутренними и внешними клиентами для обмена данными.

Учитывая сложную сеть связи между серверной частью и ее (программными) клиентами, соответствующий внутренний интерфейс по своей сути велик. Архитектура службы используется в качестве руководящего принципа для системы, а интерфейс структурируется путем объединения связанных конечных точек (т. е. операций) в сервисах. Услуги далее группируются на основе уровней зрелости соответствующих технологий. Далее сначала исследуются уровни зрелости, которые будут использоваться для группировки услуг. Далее более подробно описываются отдельные сервисы, а затем дается обзор серверной системы. После этого представлены несколько примеров взаимодействия, чтобы проиллюстрировать, как система взаимодействует с (программными) клиентами. Наконец, список

спецификаций интерфейса представлен в виде файла PDF, созданного на основе схем OpenAPI 3 [53].

29 апреля 2021 г. Появилась работа BIMprove Белая книга о цифровых двойниках и интеграции данных в секторе АЕСО [54]

В Белой книге [54] описывается предложение по технологической концепции, которая откроет дверь для большей цифровизации в строительном секторе. Ядром предложения является цифровой двойник, связанный с данным строящимся зданием. Предложение касается управления крайне неоднородной средой, присущей строительной отрасли, и, в частности, во время процесса строительства.

3 мая 2021 г. Опубликован результат BIMprove D1.3 - Описание концепций пользовательских интерфейсов и взаимодействия человека с роботом [55]

Это первая версия результата 1.3 «Описание концепций пользовательских интерфейсов и взаимодействия человека и робота», и она будет обновляться после каждого спринта разработки (в M13, M18 и M24). [55] представляет осязаемые идеи для пользовательских интерфейсов и взаимодействия человека и технологии в проекте BIMprove. Вначале представлены основные значения понятий «взаимодействие человека и робота», «удобство использования» и «взаимодействие с пользователем». Во-вторых, представлены концепция пользовательского интерфейса BIMprove общего уровня и категории пользовательского интерфейса BIM. В-третьих, в документе содержится более подробное описание двух категорий пользовательского интерфейса (BIM @ SiteOffice и BIM @ Construction). Наконец, делаются выводы о проделанной работе с точки зрения данного результата [55].

23 декабря 2020 г. появился документ ASHVIN D8.1 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ВОЗДЕЙСТВИЯ ASHVIN [56].

Не секрет, что успех нововведения частично зависит от осведомленности об этом нововведении, сказано в [56]. Благодаря эффективной стратегии распространения и коммуникации проект и его результаты могут привлечь всеобщее внимание. Следовательно, надежная стратегия распространения и коммуникации обеспечивает вовлечение соответствующих заинтересованных сторон в проект и может предложить возможности для будущего развития. То же самое и с эксплуатацией; Есть множество случаев, когда отличные инновации не могут быть успешно коммерциализированы из-за нечетких бизнес-моделей. Заранее продумав и зная, чего вы хотите достичь, вы сможете создать план эксплуатации, который может привести к успешной коммерциализации.

Для ASHVIN [66] все вышеперечисленное является ключевым, поэтому предварительные планы разработаны и представлены в этом документе. D8.1 излагает первоначальный мастер-план воздействия ASHVIN, включающий планы коммуникации, распространения и использования, нацеленные на обеспечение целостной стратегии охвата проекта,

ведущей к успеху.

Генеральный план воздействия ASHVIN был разработан в ходе расширенного процесса ферментации и заражения инфекцией среди партнеров проекта, каждый из которых представляет различные группы заинтересованных сторон, чтобы отразить их позиции и взгляды в рамках этого плана для обеспечения максимального воздействия. Этот план является живым документом, который при необходимости будет пересматриваться, в то время как при необходимости будут реализованы меры по смягчению последствий [56].

21 апреля 2021 г. издан в цифровом виде ASHVIN D6.1 ПЛАН СТАНДАРТИЗАЦИИ [57].

В результате [57] разрабатывается и реализуется план стандартизации, основанный на соответствующих стандартах (существующих или разрабатываемых), а также предоставляется информация для других WP для дальнейшего использования. Это обеспечит соответствие результатов проекта действующим нормам и текущей деятельности по стандартизации. В Плане стандартизации излагается дорожная карта стандартизации для применения концепции цифрового двойника в строительстве, основанная на исследовании ландшафта стандартизации, пробелов в стандартизации, выявленных с помощью онлайн-опроса, а также на потребностях в стандартизации партнеров консорциума ASHVIN. Его конечная цель - проложить путь для возможного будущего европейского стандарта, касающегося технологии цифрового двойника в строительстве, мостах и промышленном строительстве. Это будет способствовать развитию единых практик в строительной отрасли [57].

23 февраля 2021 г. вышел в свет ASHVIN D1.1 Стартовая версия платформы ASHVIN [58].

Консорциум ASHVIN развернул в облаке, управляемом Digital Ocean, безопасную и масштабируемую IoT-платформу с открытым исходным кодом, которая обеспечивает выделение ресурсов, подключение и управление устройствами, накопление и потребление данных [58]. Платформа основана на микросервисах в сочетании с механизмами оркестровки Kubernetes. Платформа доступна по адресу <https://iot.ashvin.eu>.

Несколько ранее в 2020 году в одном из ранее остальных начавшемся проекте ЕС также было опубликовано две интересные работы, которые мы решили представить нашему читателю. Это SPHERE D2.2 Комплексная оценка устойчивости SPHERE 2020 [59]

Цель этого отчета - ОЦЕНКА ЦЕЛЕВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ SPHERE - состоит в том, чтобы оценить и структурировать потенциальные ключевые показатели эффективности (KPI), которые будут рассчитаны в программном обеспечении платформы SPHERE. KPI - это количественные показатели, которые являются результатом расчетов, например, в экономической, экологической, социальной или других областях. Например, использование энергии в здании или энергоэффективность будет ключевым показателем

эффективности в секторе «Заказчик и оператор строительства» (АЕСОО) [59]. В отчете рассматривается как таковая оценка KPI, разделенных на четыре различных области:

i) показатели энергоэффективности и операционных показателей; ii) показатели экологической эффективности; iii) показатели управления отходами и цикличности; iv) показатели эффективности процесса строительства / ремонта. Конечным результатом отчета является целостное понимание того, какие ключевые показатели эффективности платформа SPHERE будет стремиться обеспечить и с помощью каких инструментов, разработанных партнерами по проекту [59].

В отчете представлен общий контекст работ по разработке KPI, обзор более ста исследований KPI в секторе АЕСОО, сканирование возможностей существующих 20 программных технологий, которые будут объединены в платформе SPHERE, и разработка конкретной методологии экологической оценки, оценки замкнутости, стоимости жизненного цикла и социальной оценки для расчета конкретных KPI. В отчете представлен визуальный обзор того, какие ключевые показатели эффективности предлагаются для каждого технического инструмента в четырех описанных выше областях, с использованием разных цветов для обозначения уровней приоритета. Также было предложено дальнейшее развитие проекта для визуализации, и как связать ключевые показатели эффективности с операционными практиками для SPHERE [59].

Второй отчет это SPHERE D1.2 - План рисков и действий в чрезвычайных ситуациях [60]

Риск можно определить, сказано в [60], как сочетание вероятности события и его последствий. Хотя неопределенные события также могут иметь положительные последствия, термин «риск» обычно используется для характеристики отрицательного воздействия события на запланированные цели, бюджет и сроки. Риски присущи любому проекту, поэтому их необходимо выявлять, контролировать и нейтрализовать с самых ранних стадий проекта.

В документе [60] сообщается о деятельности по мониторингу и контролю, связанной с рисками, начиная с тех, которые описаны в первоначальном плане рисков (RP), включенного в проектное предложение, и тех, которые были определены по мере продвижения проекта. В документе подробно описан подход, который будет применяться на всех этапах выявления, оценки и управления рисками. Кроме того, RP описывает процессы и действия, которые необходимо разработать и реализовать для нейтрализации рисков.

Эта процедура мониторинга будет поддерживать регулярный обзор и обновление RP, что позволит постоянно улучшать надзор за проектом до его успешного завершения. Документ также включает структуру управления рисками, включая роли и обязанности на протяжении жизненного цикла проекта [60].

Следует отметить, что проекты ЕС развиваются очень

согласовано и, с учетом крайне важного, на наш взгляд, умения превращать практические результаты проектов в образовательные программы (о чем мы говорили выше), мы считаем, что стоит обратить на приведенные итоговые результаты проектов для развития систем образования BIM и цифрового двойника в России, так как завтра они станут учебными курсами европейских университетов, а конкуренцию в образовании никто не отменял. Приведенный выше обзор и ссылки позволяет, как нам представляется, немного заглянуть в будущее, и исходя из этого строить свои образовательные планы

Еще на один очень важный аспект мы хотели бы обратить внимание наших читателей: технологии BIM цифрового двойника могут быть применены успешно только в случае понимания своих задач всеми участниками, и, значит, образование по этой теме также должно быть представлено всем заинтересованным лицам.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Accelerating Workforce Reskilling for the Fourth Industrial Revolution An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work .WEF 2017
- [2] Realizing Human Potential in the Fourth Industrial Revolution. An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work. WEF 2017
- [3] Kupriyanovsky V. et al. The ontologies of cyber-physical systems of the national digital twin of Great Britain and BIM on the examples of smart cities, railways, and other projects //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – Т. 9. – №. 3. – С. 91-130.
- [4] Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства»
- [5] Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства»
- [6] Приказ Минтруда РФ от 16 ноября 2020 № 787н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве», зарегистрирован Минюстом РФ 19 января 2021 года № 62126
- [7] Приказ Минобрнауки РФ от 24 февраля 2021 № 118, зарегистрирован Минюстом РФ 6 апреля 2021 года, № 62998
- [8] BIM Learning Triangle, <https://www.bimframework.info/education/>
- [9] Соколов И. А. и др. Государство, инновации, наука и таланты в измерении цифровой экономики (на примере Великобритании) //International journal of open information technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 6.-С.33-48.
- [10] Anas Bataw On the integration of Building Information Modelling in undergraduate civil engineering programmes in the United Kingdom. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Philosophy in the Faculty of Engineering and Physical Sciences, The University of Manchester ,1 Aug 2016, [https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/theses/on-the-integration-of-building-information-modelling-in-undergraduate-civil-engineering-programmes-in-the-united-kingdom\(6e1827f3-1178-4ef7-9608-f0a2f106a03b\).html](https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/theses/on-the-integration-of-building-information-modelling-in-undergraduate-civil-engineering-programmes-in-the-united-kingdom(6e1827f3-1178-4ef7-9608-f0a2f106a03b).html)
- [11] Климов А. А. и др. К вопросу обратного инжиниринга-путь от бумаги до цифровых онтологических правил для

- образовательных технологий //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 9.
- [12] Климов, А.А. Транспортное образование в условиях технологической трансформации отрасли: учеб. пособие для студ. образ. Организаций высшего образования и слушателей программ доп. проф. образования / Климов А.А., Заречкин Е.Ю., Куприяновский В.П. – М. : Лакуэр Принт, 2019
- [13] Климов А. А. и др. Цифровые технологии, навыки, инженерное образование для транспортной отрасли и технологии образования //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 10.
- [14] Kupriyanovsky V. et al. On the issue of ontological availability of digital educational resources and their standardization in EdTech //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 10. – С. 91-97.
- [15] Климов А. А., Заречкин Е. Ю., Куприяновский В. П. Влияние цифровизации на систему профессионального образования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, No 2. С.468-476. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.468-476
- [16] Климов А. А., Заречкин Е. Ю., Куприяновский В. П. Об особенностях использования тренажеров при реализации образовательных программ (на примере подготовки специалистов для транспорта) // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, No 2. С. 477-487. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.477-487
- [17] КЛИМОВ, Александр Алексеевич; ЗАРЕЧКИН, Евгений Юрьевич; КУПРИЯНОВСКИЙ, Василий Павлович. О цифровой экосистеме современного университета. Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование», [S.I.], v. 15, n. 4, dec. 2019.
- [18] Olatunji, O.A. (2019), "Promoting student commitment to BIM in construction education", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 26 No. 7, pp. 1240-1260. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0173>
- [19] Abdul Rahimi Bin Abdul Rahman, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, Teaching Non-Technological Skills for Successful Building Information Modeling (BIM) Projects, ARIZONA STATE UNIVERSITY, August 2018, <https://repository.asu.edu/items/50488>
- [20] Климов А. А. и др. Из истории цифровой энергетики ЕС или энергопотребление близкое к нулю-переход нормативных решений ЕС к онтологиям энергетики, BIM и зданий //International journal of open information technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 6.
- [21] BIMCert Deliverable 4.1 Rolling Matrix of Concepts, BIMCert 2019, <https://energybimcert.eu/wp-content/uploads/2019/03/WP4-D4.1-Rolling-matrix-of-concepts-and-aligned-best-practice-for-knowledge-transfer.pdf>
- [22] BIMEET D2.3 – BIM for energy efficiency required roles and skills, 2018, https://projectsites.vtt.fi/sites/bimeet/files/D2_3_BIMEET_Required_roles_and_skills_v1_1_DL.pdf
- [23] BIMplement D2.1 Methodology for a BIM enhanced Qualification Framework, 2020, <https://www.bimplement-project.eu/wp-content/uploads/2021/02/D2.1-Methodology-for-a-BIM-enhanced-Qualification-Framework-V1.1.pdf>
- [24] MOU bSI NET-UBIEP 2019, <http://www.net-ubiep.eu/wp-content/uploads/2017/09/MOU-bSI-NET-UBIEP-re-PCERT-2019.pdf>
- [25] Alhamami, Ali; Petri, Ioan; Rezgui, Yacine; Kubicki, Sylvain. Energies; Promoting Energy Efficiency in the Built Environment through Adapted BIM Training and Education Energies 2020, 13(9), 2308; <https://doi.org/10.3390/en13092308>, <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2308>
- [26] Meng-Han Tsai, A Peer Review System for BIM Learning, Sustainability 2019, 11(20), 5747; <https://doi.org/10.3390/su11205747>
- [27] Meng-Han Tsai 1, Kuan-Lin Chen, Yu-Lien Chang, Development of a Project-Based Online Course for BIM Learning, Sustainability 2019, 11(20), 5772; <https://doi.org/10.3390/su11205772>
- [28] EUBIM TASK GROUP (2017) - Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth. European Union [online], <http://euBIM.eu/handbook>
- [29] Sampaio A.Z. (2021) BIM Education Required in Construction Industry. In: Rodrigues H., Gaspar F., Fernandes P., Mateus A. (eds) Sustainability and Automation in Smart Constructions. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35533-3_1
- [30] Manish Yakami, State of Art in Thinking of BIM Competence, NAME University of Applied Sciences 2016, <https://www.theseus.fi/handle/10024/115939>
- [31] Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога-прогнозы, инновации, проекты //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9.-С.34-43.
- [32] Kupriyanovsky V. et al. Digital twins based on the development of BIM technologies, related ontologies, 5G, IoT, and mixed reality for use in infrastructure projects and IFRABIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 3. – С. 55-74.
- [33] Климов А. А. и др. Умные технологии в портах и в судоходстве, как связанные цифровые двойники берега и судна в мультимодальном окружении //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 3.
- [34] Куприяновский В. П. и др. Технологии цифровых близнецов в транспортных коридорах для морских и водных путей в России //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 12.
- [35] Pokusaev O. et al. Learning Factories for Industry and Transportation in the Digital Twins Era //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – Т. 9. – №. 1. – С. 107-127.
- [36] Volokitin Y. et al. Digital twins of knowledge and ontologies for higher technology education //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – Т. 9. – №. 1. – С. 128-144.
- [37] Намиот Д. Е. и др. Цифровые двойники и системы дискретно-событийного моделирования //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – Т. 9. – №. 2.
- [38] Соколов И. А. и др. Искусственный интеллект как стратегический инструмент экономического развития страны и совершенствования ее государственного управления. Часть 1. Опыт Великобритании и США //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 9.-С.57-75.
- [39] John Benner, J. J. McArthur, Data-Driven Design as a Vehicle for BIM and Sustainability Education, Buildings 2019, 9(5), 103; <https://doi.org/10.3390/buildings9050103>
- [40] Kacie Shull, Implementing digital visualization technology within AEC education - a pedagogical intervention, Department of Construction Management In partial fulfillment of the requirements For the Degree of Master of Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, Summer 2018
- [41] Nikolche Vasilevski, James Birt, Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments, Research in Learning Technology 2020, 28: 2329 - <http://dx.doi.org/10.25304/rlt.v28.2329>, <https://journal.alt.ac.uk/index.php/rlt/article/view/2329/2604>
- [42] Sepehr Alizadehsalehi, Ahmad Hadavi, Joseph Chuenhuei Huang, Assessment of AEC Students' Performance Using BIM-into-VR, Appl. Sci. 2021, 11(7), 3225; <https://doi.org/10.3390/app11073225>
- [43] Rubén Muñoz Pavón, Antonio A. Arcos Alvarez, Marcos G. Alberti, BIM-Based Educational and Facility Management of Large University Venues, Appl. Sci. 2020, 10(22), 7976; <https://doi.org/10.3390/app10227976>
- [44] Juan Jin, Kyung-Eun Hwang, Inhan Kim, A Study on the Constructivism Learning Method for BIM/IPD Collaboration Education, Appl. Sci. 2020, 10(15), 5169; <https://doi.org/10.3390/app10155169>
- [45] Olowa, T., Witt, E., & Lill, I. (2020). Conceptualising building information modelling for construction education. Journal of Civil Engineering and Management, 26(6), 551-563. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12918>
- [46] Antti Liljaniemi, Heikki Paavilainen, Using Digital Twin Technology in Engineering Education – Course Concept to Explore Benefits and Barriers, Open Engineering, published May 2020, DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0040>
- [47] Lavinia Chiara Tagliabue, Fulvio Re Cecconi, Sebastiano Maltese, Stefano Rinaldi, Angelo Luigi Camillo Ciribini, Alessandra Flammini Leveraging Digital Twin for Sustainability Assessment of an Educational Building, Sustainability 2021, 13(2), 480; <https://doi.org/10.3390/su13020480>
- [48] Kolli Tanja, Heikkilä Rauno, Education of Open Infra BIM based Automation and Robotics, Pages 757-764 (2020) Proceedings of the 37th ISARC, Kitakyushu, Japan, ISBN 978-952-94-3634-7), http://www.iaarc.org/publications/2020_proceedings_of_the_37th_is

arc/education_of_open_infra_bim_based_automation_and_robotics.html

- [49] Yixuan Jin, JoonOh Seo, Jin Gang Lee , Seungjun Ahn , SangUk Han, BIM-Based Spatial Augmented Reality (SAR) for Architectural Design Collaboration: A Proof of Concept , Appl. Sci. 2020, 10(17), 5915; <https://doi.org/10.3390/app10175915>
- [50] Samad M.E. Sepasgozar, Digital Twin and Web-Based Virtual Gaming Technologies for Online Education: A Case of Construction Management and Engineering, Appl. Sci. 2020, 10(13), 4678; <https://doi.org/10.3390/app10134678>
- [51] Соколов И. А. и др. Цифровая экономика Западной Австралии-умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 6.
- [52] BIMprove D1.6 – Legal Aspects 2021, <https://zenodo.org/record/4733603#.YJY7B9UzaM8>
- [53] BIMprove D1.5: Data Integration Interfaces for Building Industry using BIM and Digital Building Twins, <https://zenodo.org/record/4721296#.YJY8AtUzaM8>
- [54] BIMprove White Paper on Digital Twins and Data Integration in the AECO Sector, <https://zenodo.org/record/4727840#.YJY84tUzaM8>
- [55] BIMprove D1.3 – Concept descriptions of user interfaces and human robot interaction, <https://zenodo.org/record/4733544#.YJY9WdUzaM8>
- [56] ASHVIN D8.1 ASHVIN IMPACT MASTER PLAN, <https://zenodo.org/record/4390069#.YJYvqNUzaM9>
- [57] ASHVIN D6.1 STANDARDIZATION PLAN, <https://zenodo.org/record/4707097#.YJYwWdUzaM8>
- [58] ASHVIN D1.1 Launch Version of ASHVIN Platform, <https://zenodo.org/record/4556836#.YJYw49UzaM->
- [59] D2.2 SPHERE Holistic Sustainability Assessment, <https://sphere-project.eu/download/d2-2-sphere-holistic-sustainability-assessment/>
- [60] SPHERE D1.2 - Risk and contingency plan 2020, <https://sphere-project.eu/download/d1-2-risk-and-contingency-plan/>
- [61] Patrick Dallasegaa, Andrea Revoltia, Philipp Christopher Sauera, Felix Schulzea, Erwin Raucha, BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game, Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology, Industrial Engineering and Automation (IEA), Bozen Bolzano, Italy, 2020
- [62] Namiot D. Context-Aware Browsing--A Practical Approach //2012 Sixth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies. – IEEE, 2012. – C. 18-23.

Education as a way to create skills in the knowledge economy using the example of BIM technologies in the era of digital twins and digital pedagogy (EDTECH)

Oleg Pokusaev, Vasily Kupriyanovsky, Alexander Klimov, Varvara Lazutkina, Eugene Zarechkin, Alexander Semochkin

Abstract— As technology advances and skills change that require increased demand, there is a need for continuous feedback between labor market needs and education stakeholders at all levels. A significant proportion of adult learning is acquired through hands-on experience, through on-the-job training, and especially through interactions with peers. As such, employers are key players in adult education, and their competitiveness is closely tied to their ability to train their talents and maximize the performance of their employees. Digital transformations in pedagogy are changing educational processes as well as the entire economics of the educational process, and this must also be taken into account. In Russia, several legally binding documents have formed a pool of decisions adopted for the implementation of the practical implementation of BIM technologies. This article discusses in detail the issues of BIM education, as well as their relationship with teaching digital twin technology. The construction of such an education, moreover, should rapidly and objectively develop towards teaching the disciplines of a digital twin, with which BIM already interacts very organically.

Keywords—digital twin, BIM, EDTECH.

REFERENCES

- [1] Accelerating Workforce Reskilling for the Fourth Industrial Revolution An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work .WEF 2017
- [2] Realizing Human Potential in the Fourth Industrial Revolution. An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work. WEF 2017
- [3] Kupriyanovsky V. et al. The ontologies of cyber-physical systems of the national digital twin of Great Britain and BIM on the examples of smart cities, railways, and other projects //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – T. 9. – #. 3. – S. 91-130.
- [4] Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 sentjabrja 2020 g. # 1431 «Ob utverzhdenii Pravil formirovanija i vedenija informacionnoj modeli ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva, sostava svedenij, dokumentov i materialov, vključaemyh v informacionnuju model' ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva i predstavljajemyh v forme jelektronnyh dokumentov, i trebovanij k formatam ukazannyh jelektronnyh dokumentov, a takže o vnesenii izmenenija v punkt 6 Polozhenija o vypolnenii inženernyh izyskanij dlja podgotovki proektnoj dokumentacii, stroitel'stva, rekonstrukcii ob"ektov kapital'nogo stroitel'stva»
- [5] Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 05.03.2021 g. # 331 «Ob ustanovlenii sluchaja, pri kotorom zastrojshhikom, tehničeskim zakazchikom, licom, obespečivajushhim ili osušhestvlyajushhim podgotovku obosnovanija investicij, i (ili) licom, otvetstvennym za jekspluataciju ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva, obespečivajutsja formirovanie i vedenie informacionnoj modeli ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva»
- [6] Prikaz Mintruda RF ot 16 nojabrja 2020 # 787n «Ob utverzhdenii professional'nogo standarta «Specialist v sfere informacionnogo modelirovanija v stroitel'stve», zaregistrovan Minjustom RF 19 janvarja 2021 goda # 62126
- [7] Prikaz Minobrnauki RF ot 24 fevralja 2021# 118, zaregistrovan Minjustom RF 6 aprilja 2021 goda, # 62998
- [8] BIM Learning Triangle, <https://www.bimframework.info/education/>
- [9] Sokolov I. A. i dr. Gosudarstvo, innovacii, nauka i talanty v izmerenii cifrovoj jekonomiki (na primere Velikobritanii) //International journal of open information technologies. – 2017. – T. 5. – #. 6.-S.33-48.
- [10] Anas Bataw On the integration of Building Information Modelling in undergraduate civil engineering programmes in the United Kingdom. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Philosophy in the Faculty of Engineering and Physical Sciences, The University of Manchester, 1 Aug 2016, [https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/theses/on-the-integration-of-building-information-modelling-in-undergraduate-civil-engineering-programmes-in-the-united-kingdom\(6e1827f3-1178-4ef7-9608-f0a2f106a03b\).html](https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/theses/on-the-integration-of-building-information-modelling-in-undergraduate-civil-engineering-programmes-in-the-united-kingdom(6e1827f3-1178-4ef7-9608-f0a2f106a03b).html)
- [11] Klimov A. A. i dr. K voprosu obratnogo inžiniringa-put' ot bumagi do cifrovyh ontologičeskikh pravil dlja obrazovatel'nyh tehnologij //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 9.
- [12] Klimov, A.A. Transportnoe obrazovanie v uslovijah tehnologičeskoj transformacii otrasli: uceb. posobie dlja stud. obraz. Organizacij vysshego obrazovanija i slushatelej programm dop. prof. obrazovanija / Klimov A.A., Zarechkin E.Ju., Kupriyanovskij V.P. – M. : Lakujer Print, 2019
- [13] Klimov A. A. i dr. Cifrovye tehnologii, navyki, inženernoe obrazovanie dlja transportnoj otrasli i tehnologij obrazovanija //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 10.
- [14] Kupriyanovsky V. et al. On the issue of ontological availability of digital educational resources and their standardization in EdTech //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 10. – S. 91-97.
- [15] Klimov A. A., Zarechkin E. Ju., Kupriyanovskij V. P. Vlijanie cifrovizacii na sistemu professional'nogo obrazovanija // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. 2019. T. 15, No 2. S.468-476. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.468-476
- [16] Klimov A. A., Zarechkin E. Ju., Kupriyanovskij V. P. Ob osobennostjah ispol'zovanija trenazherov pri realizacii obrazovatel'nyh programm (na primere podgotovki specialistov dlja transporta) // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. 2019. T. 15, No 2. S. 477-487. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.477-487
- [17] KLIMOV, Aleksandr Alekseevič; ZARECHKIN, Evgenij Jur'evič; KUPRIJANOVSKIJ, Vasilij Pavlovič. O cifrovoj jekosisteme sovremennogo universiteta. Mezhdunarodnyj nauchnyj žurnal «Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie», [S.l.], v. 15, n. 4, dec. 2019.
- [18] Olatunji, O.A. (2019), "Promoting student commitment to BIM in construction education", Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 26 No. 7, pp. 1240-1260. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0173>
- [19] Abdul Rahimi Bin Abdul Rahman, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, Teaching Non-Technological Skills for Successful Building Information Modeling (BIM) Projects, ARIZONA STATE UNIVERSITY, August 2018, <https://repository.asu.edu/items/50488>

- [20] Klimov A. A. i dr. Iz istorii cifrovoj jenergetiki ES ili jenergotreblenie blizkoe k nulju-perehod normativnyh reshenij ES k ontologijam jenergetiki, BIM i zdaniy //International journal of open information technologies. – 2019. – T. 7. – #. 6.
- [21] BIMCert Deliverable 4.1 Rolling Matrix of Concepts , BIMCert 2019, <https://energybimcert.eu/wp-content/uploads/2019/03/WP4-D4.1-Rolling-matrix-of-concepts-and-aligned-best-practice-for-knowledge-transfer.pdf>
- [22] BIMEET D2.3 – BIM for energy efficiency required roles and skills, 2018, https://projectsites.vtt.fi/sites/bimeet/files/D2_3_BIMEET_Required_roles_and_skills_v1_1_DL.pdf
- [23] BIMplement D2.1 Methodology for a BIM enhanced Qualification Framework, 2020, <https://www.bimplement-project.eu/wp-content/uploads/2021/02/D2.1-Methodology-for-a-BIM-enhanced-Qualification-Framework-V1.1.pdf>
- [24] MOU bSI NET-UBIEP 2019, <http://www.net-ubiep.eu/wp-content/uploads/2017/09/MOU-bSI-NET-UBIEP-re-PCERT-2019.pdf>
- [25] Alhamami, Ali; Petri, Ioan; Rezgui, Yacine; Kubicki, Sylvain. Energies; Promoting Energy Efficiency in the Built Environment through Adapted BIM Training and Education Energies 2020, 13(9), 2308; <https://doi.org/10.3390/en13092308> , <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2308>
- [26] Meng-Han Tsai, A Peer Review System for BIM Learning, Sustainability 2019, 11(20), 5747; <https://doi.org/10.3390/su11205747>
- [27] Meng-Han Tsai I. Kuan-Lin Chen , Yu-Lien Chang , Development of a Project-Based Online Course for BIM Learning, Sustainability 2019, 11(20), 5772; <https://doi.org/10.3390/su11205772>
- [28] EUBIM TASK GROUP (2017) - Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth. European Union [online], <http://euBIM.eu/handbook>
- [29] Sampaio A.Z. (2021) BIM Education Required in Construction Industry. In: Rodrigues H., Gaspar F., Fernandes P., Mateus A. (eds) Sustainability and Automation in Smart Constructions. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35533-3_1
- [30] Manish Yakami, State of Art in Thinking of BIM Competence, HAME University of Applied Sciences 2016, <https://www.theseus.fi/handle/10024/115939>
- [31] Kuprijanovskij V. P. i dr. Cifrovaja zheleznaia doroga-prognozy, innovacii, proekty //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – #. 9.-C.34-43.
- [32] Kuprijanovsky V. et al. Digital twins based on the development of BIM technologies, related ontologies, 5G, IoT, and mixed reality for use in infrastructure projects and IFRABIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – #. 3. – S. 55-74.
- [33] Klimov A. A. i dr. Umnye tehnologii v portah i v sudohodstve, kak svyazannye cifrovyje dvojniki berega i sudna v mul'timodal'nom okruzenii //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – #. 3.
- [34] Kuprijanovskij V. P. i dr. Tehnologii cifrovyyh bliznecov v transportnyh koridorah dlja morskikh i vodnyh putej v Rossii //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – #. 12.
- [35] Pokusaev O. et al. Learning Factories for Industry and Transportation in the Digital Twins Era //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – T. 9. – #. 1. – S. 107-127.
- [36] Volokitin Y. et al. Digital twins of knowledge and ontologies for higher technology education //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – T. 9. – #. 1. – S. 128-144.
- [37] Namiot D. E. i dr. Cifrovyje dvojniki i sistemy diskretno-sobytnjogo modelirovanija //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – T. 9. – #. 2.
- [38] Sokolov I. A. i dr. Iskusstvennyj intellekt kak strategicheskij instrument jekonomicheskogo razvitiya strany i sovershenstvovaniya ee gosudarstvennogo upravlenija. Chast' I. Opyt Velikobritanii i SShA //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – #. 9.-S.57-75.
- [39] John Benner , J. J. McArthur , Data-Driven Design as a Vehicle for BIM and Sustainability Education ,Buildings 2019, 9(5), 103; <https://doi.org/10.3390/buildings9050103>
- [40] Kacie Shull, Implementing digital visualization technology within AEC education - a pedagogical intervention, Department of Construction Management In partial fulfillment of the requirements For the Degree of Master of Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, Summer 2018
- [41] Nikolche Vasilevski, James Birt, Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments ,Research in Learning Technology 2020, 28: 2329 - <http://dx.doi.org/10.25304/rlt.v28.2329>, <https://journal.alt.ac.uk/index.php/rlt/article/view/2329/2604>
- [42] Sepehr Alizadehsalehi, Ahmad Hadavi, Joseph Chuenhuei Huang, Assessment of AEC Students' Performance Using BIM-into-VR, Appl. Sci. 2021, 11(7), 3225; <https://doi.org/10.3390/app11073225>
- [43] Rubén Muñoz Pavón, Antonio A. Arcos Alvarez , Marcos G. Alberti, BIM-Based Educational and Facility Management of Large University Venues, Appl. Sci. 2020, 10(22), 7976; <https://doi.org/10.3390/app10227976>
- [44] Juan Jin, Kyung-Eun Hwang, Inhan Kim, A Study on the Constructivism Learning Method for BIM/IPD Collaboration Education, Appl. Sci. 2020, 10(15), 5169; <https://doi.org/10.3390/app10155169>
- [45] Olowa, T., Witt, E., & Lill, I. (2020). Conceptualising building information modelling for construction education. Journal of Civil Engineering and Management, 26(6), 551-563. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12918>
- [46] Antti Liljaniemi, Heikki Paavilainen, Using Digital Twin Technology in Engineering Education – Course Concept to Explore Benefits and Barriers, Open Engineering, published May 2020 ,DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0040>
- [47] Lavinia Chiara Tagliabue, Fulvio Re Cecconi, Sebastiano Maltese, Stefano Rinaldi, Angelo Luigi Camillo Ciribini, Alessandra Flammini Leveraging Digital Twin for Sustainability Assessment of an Educational Building ,Sustainability 2021, 13(2), 480; <https://doi.org/10.3390/su13020480>
- [48] Kollu Tanja, Heikkilä Rauno, Education of Open Infra BIM based Automation and Robotics, Pages 757-764 (2020) Proceedings of the 37th ISARC, Kitakyushu, Japan, ISBN 978-952-94-3634-7), http://www.iaarc.org/publications/2020_proceedings_of_the_37th_isarc/education_of_open_infra_bim_based_automation_and_robotics.html
- [49] Yixuan Jin, JoonOh Seo, Jin Gang Lee , Seungjun Ahn , SangUk Han, BIM-Based Spatial Augmented Reality (SAR) for Architectural Design Collaboration: A Proof of Concept ,Appl. Sci. 2020, 10(17), 5915; <https://doi.org/10.3390/app10175915>
- [50] Samad M.E. Sepasgozar, Digital Twin and Web-Based Virtual Gaming Technologies for Online Education: A Case of Construction Management and Engineering, Appl. Sci. 2020, 10(13), 4678; <https://doi.org/10.3390/app10134678>
- [51] Sokolov I. A. i dr. Cifrovaja jekonomika Zapadnoj Avstralii-umnye gornorudnye i neftegazovye predpriyatija, zheleznyje dorogi, morskije porty i formalizovannye ontologii //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 6.
- [52] BIMprove D1.6 – Legal Aspects 2021, <https://zenodo.org/record/4733603#.YJY7B9UzaM8>
- [53] BIMprove D1.5: Data Integration Interfaces for Building Industry using BIM and Digital Building Twins, <https://zenodo.org/record/4721296#.YJY8AtUzaM8>
- [54] BIMprove White Paper on Digital Twins and Data Integration in the AECO Sector, <https://zenodo.org/record/4727840#.YJY84tUzaM8>
- [55] BIMprove D1.3 – Concept descriptions of user interfaces and human robot interaction, <https://zenodo.org/record/4733544#.YJY9WdUzaM8>
- [56] ASHVIN D8.1 ASHVIN IMPACT MASTER PLAN, <https://zenodo.org/record/4390069#.YJYvqNUzaM9>
- [57] ASHVIN D6.1 STANDARDIZATION PLAN, <https://zenodo.org/record/4707097#.YJYwWdUzaM8>
- [58] ASHVIN D1.1 Launch Version of ASHVIN Platform, <https://zenodo.org/record/4556836#.YJYw49UzaM->
- [59] D2.2 SPHERE Holistic Sustainability Assessment, <https://sphere-project.eu/download/d2-2-sphere-holistic-sustainability-assessment/>
- [60] SPHERE D1.2 - Risk and contingency plan 2020, <https://sphere-project.eu/download/d1-2-risk-and-contingency-plan/>
- [61] Patrick Dallasegaa, Andrea Revoltia, Philipp Christopher Sauera, Felix Schulzea, Erwin Raucha, BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game, Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology, Industrial Engineering and Automation (IEA), Bozen Bolzano, Italy, 2020
- [62] Namiot D. Context-Aware Browsing--A Practical Approach //2012 Sixth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies. – IEEE, 2012. – C. 18-23.