

процедура сопоставления функций и возможностей информационных систем.

В результате работы были получены оценки информационных систем, на основании которых был осуществлен выбор информационной системы «БОСС-Кадровик». Стоит отметить, что первый метод не дал однозначного ответа по выбору информационной системы, в отличие от метода организации сложных экспертиз, основанного на информационных оценках А.А. Денисова.

Список литературы

1. Возможности программного продукта «БОСС-Кадровик» [Электронный ресурс] URL: <https://boss.ru/products/bk-about/functionality/> (дата обращения 05.05.2020).
2. Возможности программного продукта «Отдел Кадров Плюс» [Электронный ресурс] URL: <https://www.okpartner.ru/features/> (дата обращения 05.05.2020).
3. Возможности программного продукта «1С: Зарплата и Управление Персоналом 8» [Электронный ресурс] URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/hrm/features> (дата обращения 05.05.2020).
4. Волкова В. Н., Денисов А. А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. Издание 4-е, переработанное и дополненное. СПб.: Издательство Политехн. университета, 2010. 128 с.
5. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2006. 511 с.
6. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Учебник. Изд. 3-е, перераб. и дополн. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 304 с.

УДК 721.021.2

doi:10.18720/SPVPU/2/id20-214

Букунов Александр Сергеевич,

аспирант Высшей школы киберфизических систем и управления

ДЕКОНСТРУКЦИЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
sasbukunov@yandex.ru

Аннотация. Активное внедрение информационного моделирования зданий (BIM) в процессы проектирования, строительства и эксплуатации зданий позволяет предложить альтернативные варианты окончания срока службы зданий. Рассматриваются функциональные возможности BIM в обеспечении процесса эффективного проектирования для деконструкции. Выделены основные компоненты функциональной структуры: визуализация процесса демонтажа, улучшение сотрудничества между заинтересованными сторонами, идентификация извлекаемых материалов, разработка плана демонтажа конструкции, анализ производительности и

моделирование альтернативного использования зданий с истекшим сроком эксплуатации, улучшение управления жизненным циклом здания и развитие совместимости с существующим программным обеспечением BIM.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM, устойчивое строительство, жизненный цикл здания, сокращение отходов, проектирование для деконструкции, повторное использование компонентов.

Alexander S. Bukunov,

Postgraduate of Higher School of Cyber-Physical Systems and Control

LIFECYCLE MANAGEMENT

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
sasbukunov@yandex.ru

Abstract. Active implementation of building information modeling (BIM) in the processes of design, construction and operation of buildings allows you to offer alternative options for the end of life of buildings. We consider the functionality of BIM in providing an effective design process for deconstruction. The main components of the functional structure are highlighted: visualization of the dismantling process, improvement of cooperation between stakeholders, identification of recoverable materials, development of a design dismantling plan, performance analysis and modeling of alternative use of buildings with expired service life, improvement of building lifecycle management and development of compatibility with existing BIM software.

Keywords: Building Information Modeling, BIM, sustainable construction, building life cycle, waste reduction, design for deconstruction, reuse of components.

Введение

С внедрением киберфизических систем в автоматизированные системы предприятия и распространением информационного моделирования зданий (англ. Building Information Modeling, BIM) изменился подход к современному проектированию в строительстве [1]. BIM – это нужным образом организованная информация об объекте, используемая как на стадии проектирования и строительства здания, так и в период его эксплуатации и даже сноса [2]. Информационное моделирование постоянно развивается, особенно в отношении проектирования зданий, оценки затрат, 3D-координации, технического обслуживания, анализа производительности зданий и т. д. [3]. Но применение BIM для зданий с истекшим сроком эксплуатации пока не сильно распространено [4]. Это связано с тем, что в большинстве выполненных моделей реализованы этапы проектирования, строительства и обслуживания здания и только планируется использование BIM для утилизации и реконструкции зданий с истекшим сроком эксплуатации.

Актуальность, цели и задачи исследования. Поскольку на отходы по сносу приходится более половины общего объема полученных отходов при строительстве [5], необходимо уделять больше внимания окон-

чанию срока службы здания, особенно с точки зрения минимизации отходов. Верное перераспределение отходов может привести к экономии затрат. Необходимость сокращения отходов в конце срока службы требует, чтобы снос, как метод утилизации зданий, был заменен на деконструкцию зданий. «Деконструировать» означает разбирать, перекладывать и упорядочивать [6]. Проектирование для деконструкции на основе BIM касается не только восстановления компонентов здания в конце срока эксплуатации, но и возможности сделать здание легко собираемым и разбираемым. Несмотря на усилия по уменьшению отходов посредством деконструкции, пока нет активного проектирования деконструкции. Даже в Европе сегодня менее 1 % зданий полностью демонтируемы [5], в России эта проблема вообще не решена.

Проектные решения на основе BIM могут оказать влияние на эксплуатационные характеристики зданий в конце срока эксплуатации и на минимизацию отходов. Необходимо активнее использовать BIM для управления деконструкцией здания. Исходя из этого, целью исследования стала идея раскрыть, как на основе BIM можно проектировать процесс деконструкции, и выявить основные функциональные возможности, которые должны иметь основанные на BIM инструменты для деконструкции, и которые обеспечат эффективные механизмы принятия решений по управлению процессом. Поэтому задачи исследования включают в себя: оценку эффективности и ограничения существующих инструментов проектирования для деконструкции; выявление возможностей, которые можно получить от BIM для проектирования деконструкции; определение основных функций BIM-инструментов для этого.

1. Процесс деконструкции как завершающий этап в жизни здания

Деконструкция – это плановые мероприятия со зданием с истекшим сроком эксплуатации, которые способствуют восстановлению компонентов здания с целью повторного использования, переработки или восстановления компонентов здания [6]. Деконструкция возникла как формальное средство увеличения утилизации и повторного использования строительных материалов в результате работ по реконструкции и сносу, позднее деконструкция стала стратегией по демонтажу конструкции для извлечения максимального количества материалов многократного использования.

Процесс деконструкции приводит к разделению опасных материалов для правильной утилизации и отдает приоритет многоуровневым материалам. Деконструкцию можно охарактеризовать как экологически предпочтительное управление процессом удаления всего здания и его материалов, в отличие от выборочного разрушения, при котором удаляются только самые дорогостоящие материалы перед обычным механиче-

ским разрушением, уничтожением материалов и утилизацией. С экономической точки зрения, многие сносы включают в себя различные степени переработки металлов и бетона, с минимальным использованием или без повторного использования.

2. Деконструкция зданий и ВМ

Переработка и восстановление строительных компонентов в настоящее время практикуется все чаще, однако, более выгодной и сложной задачей является возможность переместить здание или повторно использовать его компоненты без повторной обработки. Это связано с тем, что перемещение зданий и повторное использование компонентов требуют минимальных затрат энергии по сравнению с переработкой и восстановлением [6]. Кроме того, повторное использование компонентов здания гарантирует условие замкнутого материального цикла, когда запрос на новые ресурсы и генерация отходов при строительстве и сносе сводятся к минимуму. На рисунках 1 и 2 на четырех этапах показано, как деконструкция обеспечивает состояние замкнутого материального цикла в конце срока службы конструкций. Замкнутая материальная петля устраняет линейную модель движения материала при сносе, что является более устойчивой моделью строительства. Повторное использование всего здания крайне сложно и немного идеализировано. Но деконструкция основных компонентов здания экономична, целесообразна и реальна.

Одной из целей деконструкции является устранение сноса как варианта утилизации здания с истекшим сроком эксплуатации. Помимо содействия восстановлению компонентов здания и уменьшению отходов на свалках, разборка более выгодна, чем снос другими способами. Во-первых, деконструкция устраняет загрязнение окружающей среды и образование отходов при строительстве и сносе [5]. Другие преимущества включают снижение вредных выбросов, сохранение реализованной энергии, уменьшение нарушений в работе и т. д.



Рис. 1. Вариант окончания срока службы со сносом и утилизацией

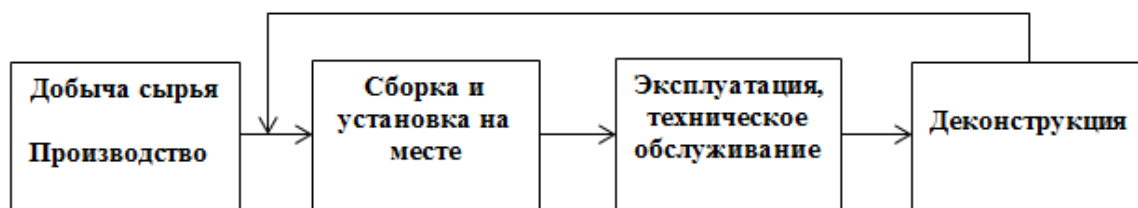


Рис. 2. Сценарий окончания срока службы в замкнутом материальном цикле с переработкой и повторным использованием

Эффективная стратегия замкнутого контура извлечения и повторного использования строительных материалов предусматривает ряд требований: здание должно быть разборным и демонтируемым; строительные материалы должны быть пригодны для вторичной переработки; производство и использование материалов должно быть безвредным; сами материалы, полученные в результате процесса переработки, должны быть безвредными [6]. Тем самым подчеркивается необходимость совершенствования процессов проектирования и строительства для повышения эффективности и устойчивости.

Однако выбор материалов для повторного использования или переработки не следует начинать в конце жизненного цикла (ЖЦ) здания, он должен начинаться на стадии проектирования. Архитекторы и инженеры должны держать весь ЖЦ здания в поле зрения и выбирать строительные материалы на основе их способности быть повторно использованными или переработанными после ликвидации здания. Текущая тенденция в устойчивой архитектуре подразумевает, что планирование деконструкции может быть реализовано во время проектирования зданий. Простые методы строительства в сочетании с высококачественными, долговечными материалами лучше всего подходят для проектирования деконструкции зданий. Здания, которые были изначально разработаны с учетом деконструкции, часто легче поддерживать и адаптировать к новым целям применения.

3. Функциональные возможности BIM-проектирования для инструментов деконструкции

Учитывая возрастающую роль проектирования и информационного моделирования на строительство, следует разобраться, как проектные решения влияют на сборку и разборку здания. Решение этой проблемы требует определить взаимосвязи между практикой, методами и инструментами проектирования деконструкции [4]. Сложно переоценить влияние компьютерных инструментов на оценку устойчивости строительства.

К существующим инструментам для проектирования деконструкции можно отнести: стоимость ЖЦ, оценку разрушаемости зданий, оценку использованной энергии, оценку воздействия на конец срока службы, углеродный след, моделирование процесса деконструкции, генерацию плана деконструкции, оценку восстановления материала, оценку воздействия на окружающую среду в течение ЖЦ, оптимизацию выбора материала. Инструменты проектирования деконструкции охватывают инструменты оценки ЖЦ, инструменты экологической устойчивости и инструменты калькуляции ЖЦ. Главным из ограничений инструментов является то, что они не совместимы с BIM. Аналогично, ни одна из существующих программ BIM не предлагает функциональные возможности для проектирования деконструкции [4].

Рассмотрим функциональные возможности для инструментов проектирования деконструкции на основе BIM. Выявленные функции могут использовать существующие возможности BIM через интерфейс прикладного программирования (API) программного обеспечения (ПО) BIM [3]. Выделим следующие основные компоненты функциональной структуры: улучшение сотрудничества между заинтересованными сторонами; визуализация процесса деконструкции; количественная оценка извлекаемых материалов; разработка плана реконструкции; анализ эффективности и моделирование альтернативных вариантов для зданий с истекшим сроком эксплуатации; улучшенное управление ЖЦ здания; совместимость с существующим ПО для BIM.

Степень сотрудничества и взаимодействия проектных групп имеет решающее значение для успеха строительных проектов. В этом отношении BIM может обеспечить, чтобы все заинтересованные стороны принимали участие в принятии решений, связанных с деконструкцией, прямо от планирования и в течение всего ЖЦ здания. BIM обеспечивает надежную платформу для общения и обмена информацией между всеми заинтересованными сторонами, а также координацию проектирования, согласование задач, обнаружение коллизий и мониторинг процесса управления отходами строительства [1].

Общий поток информации проходит через все ПО BIM, и именно функциональность параметрического моделирования позволяет визуализировать эстетику и функции зданий [16]. Параметрическое моделирование использует объектно-ориентированный подход, который позволяет повторное использование частей объекта в построении моделей, поддерживая атрибуты объекта, поведение и ограничения. Визуализация форм и характеристик зданий снижает потребность в переделках, которые служат основным источником строительных отходов. Кроме того, BIM позволяет визуализировать процесс сноса и разборки здания во время проектирования. Пока ни один инструмент BIM не предлагает эту возможность. Можно предположить, что платформа BIM, позволяющая визуализацию процесса деконструкции, поможет оптимизировать процесс проектирования деконструкции для сравнения альтернативных вариантов и минимизации воздействия на окружающую среду зданий с истекшим сроком эксплуатации.

Реализация BIM выходит за рамки трехмерного компьютерного моделирования и визуализации [1]. Особенностью, которая выделяет BIM, является интеллектуальное моделирование, которое предоставляет возможность встраивать информацию о процессах в модели здания с самого раннего этапа планирования и в течение всего срока службы здания. Информация сохраняется в рамках единой модели для улучшения принятия решений при строительстве, обслуживании зданий и в конце срока экс-

плуатации. Информация о строительных материалах может быть дополнена прогнозами по изменению характеристик материалов в течение всего срока службы. Это позволит использовать BIM для определения типов и количества извлекаемых материалов в течение всего срока службы зданий и прогнозировать количество восстанавливаемых и невосстанавливаемых материалов в конце срока службы зданий. Это даст возможность заинтересованным сторонам прогнозировать объемы материалов, которые могут быть использованы повторно, которые могут быть переработаны, и подлежащие утилизации.

Важным преимуществом BIM является автоматический сбор параметров проектирования для генерации отчетов. Использование BIM во время проектирования позволит устранить человеческие ошибки при вводе данных. Пока нет никакого инструмента, способного генерировать планы деконструкции из моделей зданий, но функции BIM, которые позволяют создавать по требованию проектные документы (такие как чертежи планов, разрезы, графики и т. д.) из модели зданий, могут быть использованы для разработки плана деконструкции. Это улучшит координацию проектирования, управление временем и технические возможности по осуществлению проектирования деконструкции.

Важная функция BIM, способствующая его широкой применимости, это способность анализировать и моделировать эффективность зданий, производить оценку затрат, энергопотребление, анализ освещения и т. д. [4]. Анализ эффективности здания обеспечивает платформу для функциональной оценки моделей здания до начала строительства [2]. Это позволяет сравнивать альтернативные варианты проекта при выборе наиболее экономически эффективного и устойчивого решения. Многочисленные анализы эффективности доступны для выявления потенциальных ошибок проектирования и эксплуатационных проблем на этапе, когда изменения в проекте обходятся намного дешевле. Несмотря на преимущества анализа эксплуатационных характеристик зданий и воздействия строительных отходов на экологию и экономику, нет ПО для BIM по деконструкции. При выборе наиболее благоприятного для окружающей среды варианта деконструкция здания, он может быть не самым экономически выгодным [6]. Итак, BIM можно использовать для моделирования эффективности затрат и затрат при деконструкции, чтобы принять решение о подходящем проекте и вариантах окончания срока службы.

Наконец, улучшенное управление ЖЦ здания, предлагаемое BIM, способствует прозрачности данных, одновременному просмотру и редактированию единой модели и контролируемой координации доступа к информации. BIM помогает устранить междисциплинарную неэффективность [2] в рамках строительства. Эффективность команды растет при

одновременном снижении стоимости проекта и отсутствии дублирования усилий. Хотя для создания единой модели требуется больше времени, ее преимущества превышают затраты. Поскольку отходы образуются на всех этапах проектируемой работы, применение BIM для управления отходами позволит эффективно собирать данные, связанные с отходами от проектирования до окончания срока эксплуатации зданий.

Из-за сложностей в передаче данных между разным ПО проектные команды тратят много усилий на выбор соответствующих программ для эффективного сотрудничества и коммуникации [3]. Использование стандарта IFC улучшило обмен моделями между программами для проектирования и анализа конструкции. Будущие инструменты проектирования для деконструкции должны быть совместимы с BIM и поддерживать формат IFC. Стоит отметить, что IFC позволяет расширять свои теги для охвата различных параметров строительных объектов. Несмотря на эту возможность, формат IFC не был оснащен механизмом для оптимизации процесса анализа строительных отходов и деконструкции, что требует расширения IFC для поддержки обмена данными между инструментами проектирования для деконструкции и ПО для BIM.

Заключение

Итак, существующие инструменты не могут эффективно поддерживать проектирование для деконструкции. Данное исследование выявило основные функциональные возможности инструментов проектирования для деконструкции на основе BIM.

Основанные на BIM инструменты для деконструкции включают такие основные функциональные возможности, как улучшение совместной работы заинтересованных сторон, визуализацию процесса деконструкции, идентификацию извлекаемых материалов, разработку плана деконструкции, анализ производительности и моделирование альтернативных вариантов окончания жизни, улучшенное управление жизненным циклом здания и совместимость с существующим программным обеспечением BIM.

В настоящее время большинство зданий не предназначены для разборки. Возможности BIM позволяют спроектировать оптимальное здание и по критериям деконструкции. При изначально спроектированных для деконструкции зданиях, можно было бы успешно восстановить гораздо больше материалов для повторного использования. Это даст значительные экономические и экологические преимущества.

Список литературы

1. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. № 5. С. 28–31.

2. Букунов А.С. Технологии работы с информацией при моделировании зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5960/ (дата обращения: 30.04.2020).

3. Bukunov A. Functional Modeling of an Integration Information System for Building Design // Arseniev D., Overmeyer L., Kälviäinen H., Katalinić B. (eds.) Cyber-Physical Systems and Control. CPS&C 2019. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 95. Springer, Cham, 2020. P.525–535. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-34983-7_51.

4. Akinade O.O., Oyedele L.O., Bilal M., Ajayi S.O., Owolabi H.A., Alaka H.A., Bello S.A. Waste minimisation through deconstruction: a BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS) // Resources, Conservation and Recycling. 2015. Vol. 105. DOI: [dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018).

5. Giglio F. Controlling environmental impacts in the dismantling phase. Design for deconstruction and materials reuse // Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Vol. 272. Karlsruhe, 2002. URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf (access date: 30.04.2020).

6. Kibert C. J. Deconstruction's role in an ecology of construction. Design for deconstruction and materials reuse // Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Vol. 272. Karlsruhe, 2002. URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf (access date: 30.04.2020).

УДК 621.75.04 : 621.91.04 : 004.9
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-215

Колыбенко Евгений Николаевич,
канд. техн. наук, ведущ. науч. сотр.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СРЕДСТВ
ДЛЯ ПЕРЕХОДА К ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ
ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕХАНООБРАБОТКИ**

Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия,
e.n.kolybenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены условия преобразования существующих знаний в технической подготовке механообрабатывающего производства для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач практики высокого уровня. Традиционные знания основаны на использовании конструкторской элементной базы средств решения задач, что препятствует достижению необходимого уровня автоматизации и целей экономической эффективности. Необходима специфическая технологическая элементная база средств, определяемая в структуре базовых объектов по семи их уровням в предложенной базе знаний. Рассмотрены инструментальные средства решения задач практики, в основу которых положены методы и средства технологической элементной базы.