

Экологическая оценка жизненного цикла здания на основе BIM

А.С. Букунов, Ю.Р. Нурулин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: В статье рассматривается модель экологической оценки жизненного цикла здания в виде трехмерной матрицы, зависящей от фазы строительства, используемых ресурсов и критериев устойчивого строительства. Рассмотрено понятие деконструкция, включающее в себя основные принципы устойчивого строительства. Сделан вывод, что с помощью информационного моделирования можно проектировать альтернативные варианты для зданий с истекшим сроком эксплуатации и осуществлять более эффективное управление жизненным циклом здания на основе предложенной модели оценки.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий (BIM), принципы устойчивого строительства, экологическая оценка жизненного цикла, деконструкция.

Введение

В последние годы все большее распространение получает концепция устойчивого строительства. Зеленое строительство как часть устойчивого относится к структуре и применению процессов, которые отвечают за экологию и эффективное использование ресурсов на протяжении жизненного цикла (ЖЦ) здания: от планирования до проектирования, строительства, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и сноса [1]. Принятые в последние годы решения [2] побуждают строительные компании включать информационное моделирование зданий (BIM) в свою деятельность, чтобы сохранить свое конкурентное преимущество. Технология BIM дает возможность отслеживать в режиме виртуальной реальности работу систем, что позволяет упростить строительство, включая реконструкцию, капитальный ремонт и контроль с надзором [3,4]. Несмотря на выгоды, получаемые от BIM, применение моделирования зданий с истекшим сроком эксплуатации пока не сильно распространено [5]. В большинстве выполненных моделей реализованы этапы проектирования, строительства, обслуживания здания и только планируется использование BIM для утилизации и реконструкции зданий с истекшим сроком эксплуатации [6].

Актуальность и цель исследования

Устойчивое строительство, как и развитие, предполагает такую модель использования ресурсов, которая направлена на удовлетворение потребностей человека при сохранении окружающей среды – причем эти потребности могут быть удовлетворены не только для настоящего, но и для будущих поколений [7]. Другими словами, это строительство без истощения в долгосрочном плане. Но многие возобновляемые природные блага не оценены должным образом, поэтому наступает их деградация. Это стимулирует переход к экологическому и устойчивому строительству.

Строительство не столь конкретно, как производственный процесс, и варьируется от одного здания к другому, никогда не повторяясь. Кроме того, здания гораздо более сложные продукты, состоящие из множества материалов и компонентов, многие из них представляют различные проектные переменные, которые будут определены на стадии проектирования, но трансформируются вплоть до утилизации. Изменение каждой проектной переменной может повлиять на окружающую среду на всех соответствующих этапах ЖЦ здания. Проектировщики на основе BIM должны учитывать этапы ЖЦ как продукта, который будет производиться объектом строительства, и технологий, оборудования и самого объекта недвижимости. С учетом ЖЦ внешней среды можно получить суммарный результат, учитывающий все возможные потери в будущем.

Деконструкция – это плановые мероприятия со зданием с истекшим сроком эксплуатации, которые способствуют восстановлению компонентов здания с целью повторного использования, переработки или восстановления компонентов здания [8]. Деконструкция способствует защите природы и экологической устойчивости, снижает потребление первичных ресурсов и способствует появлению у переработанных или восстановленных материалов нового ЖЦ. Этот процесс приводит к сокращению энергии и выбросов от

переработки и производства новых материалов [9]. Поскольку деконструкция часто выполняется на месте, происходит экономия при транспортировке материалов. Снижаются затраты на утилизацию отходов, сбор и их вывоз. Снижается количество отходов на свалке.

Сегодня обеспечение надлежащего управления отходами в конце срока службы здания на основе BIM является обязательным условием. Особенно это касается исторических центров крупных городов с точечной застройкой. Необходимость сокращения отходов в конце службы требует, чтобы снос, как традиционный метод утилизации зданий, был заменен на деконструкцию.

Целью исследования стала модель экологической оценки жизненного цикла здания, учитывающая принципы устойчивого строительства, использующая преимущества информационного моделирования. Для ее достижения необходимо решить ряд задач – произвести экологическую оценку здания на основании последствий для ресурсов каждого этапа ЖЦ; сформулировать основные критерии или принципы устойчивого строительства; исследовать возможности BIM в процессах проектирования деконструкции.

Качественная экологическая оценка жизненного цикла здания

Суть зеленого строительства – в оптимизации одного или нескольких из его основополагающих принципов, к которым можно отнести размещение и эффективность конструкции здания, энергетическую эффективность, продуктивное использование воды и эффективных материалов, повышение качества окружающей среды, эксплуатации и технического обслуживания, оптимизацию отходов и сокращение применения ядовитых веществ.

Качественная оценка ЖЦ производится путем исследования всех экологических последствий для ресурсов (энергии, воды, материалов, земли) каждого этапа ЖЦ системы (концепция, планирование, проектирование, конструирование, эксплуатация и деконструкция). Такая оценка может быть

представлена в виде двумерной матрицы. Эту матрицу можно рассматривать, как модель для экологической оценки системы (объекта, услуги, здания).

Однако необходимо добавить третье измерение – ввести основные принципы устойчивой архитектуры, чтобы сделать больше, чем просто оценить систему, чтобы действительно понять, какой система должна быть для уменьшения нагрузки на окружающую среду. Потенциально существуют тысячи стратегий, которые могут быть реализованы в проекте здания, для уменьшения нагрузки этого здания на окружающую среду. Управление этими стратегиями и разрешение противоречий возможно путем оптимизации нескольких основных критериев устойчивого строительства. К основным принципам зеленого строительства, составляющим устойчивую архитектурную практику можно отнести следующие [7]: необходимо минимизировать потребности в ископаемом топливе для ввода в эксплуатацию построенного здания при экономии энергии; здания должны проектироваться с учетом климатических условий и природных источников энергии; здание должно быть спроектировано так, чтобы минимизировать использование новых ресурсов, в конце эксплуатации оно должно быть полезно для формирования ресурсов для другого строения; зеленая архитектура должна признать важность людей, связанных со зданием, и потребовать уважительного отношения к пользователям; необходимо соблюдать «уважение к участку», здание должно «касаться земли», не внося глубинных изменений; все зеленые принципы должны быть воплощены в целостном подходе к окружающей обстановке.

Позднее появились критерии по вопросам устойчивого строительства, которые включают в себя: потребление энергии, водопользование, землепользование, отбор материалов, качество среды в помещениях, качество окружающей среды, проектирование зданий, проектирование сообществ, строительные работы, эксплуатацию жизненного цикла и

деконструкцию [10]. Предлагается в отношении этих требований выделить несколько принципов для более экологически ответственного строительства:

- минимизировать потребление ресурсов;
- максимально повторно использовать ресурсы;
- максимально использовать перерабатываемые ресурсы;
- максимально защищать природную среду;
- создать максимально нетоксичную среду;
- добиваться максимального качества искусственной среды.

Возвращаясь к двумерной модели оценки ЖЦ, можно добавить третье измерение принципов устойчивой архитектуры. Объединив две оси времени (этапы) и категории воздействия (ресурсы) с осью принципов устойчивой архитектуры, предлагается концептуальная качественная модель для устойчивого строительства, представленная на рис. 1.

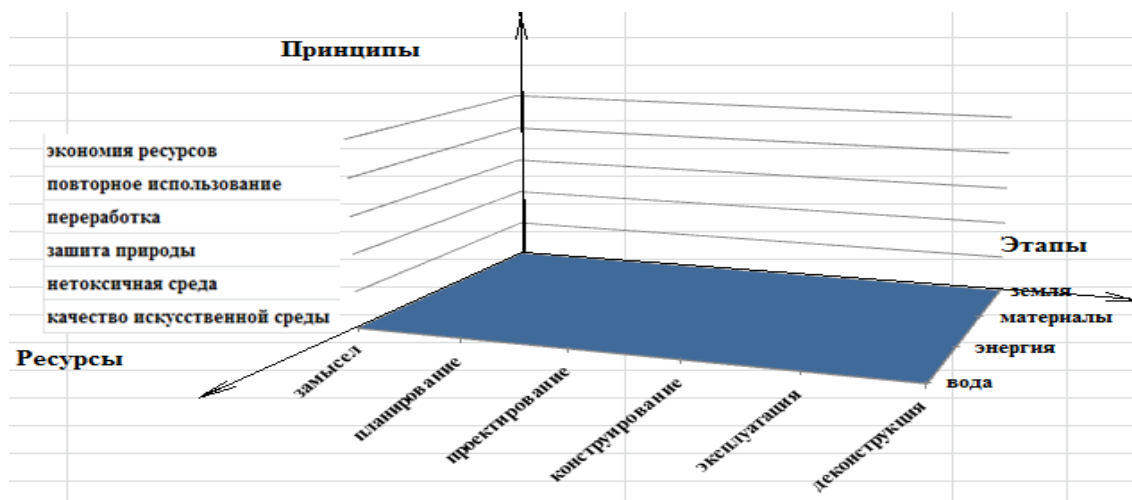


Рис. 1. – Качественная экологическая оценка жизненного цикла здания

Предлагается для воплощения этой модели на основе BIM проектировать деконструкцию. Первоначально деконструкция возникла как формальное средство увеличения утилизации и повторного использования материалов в результате работ по реконструкции и сносу. Со временем это понятие становится шире и вбирает в себя основные критерии устойчивого строительства. Планирование деконструкции способствует реализации

основных принципов экологически ответственного строительства – экономии ресурсов, повторного использования и переработки материалов, защите природы, применения нетоксичных материалов и создания качественной искусственной среды. Таким образом, проектирование для деконструкции занимает важное место в контексте устойчивого строительства.

Проектирование для деконструкции, в первую очередь, имеет дело с проектом здания для повторного использования материалов (что предпочтительнее переработки). Хотя деконструкция предназначена для решения последней стадии ЖЦ, стратегически она должна планироваться на этапе проектирования, чтобы разобраться с проблемами, которые имеют разные варианты решений на стадии деконструкции. Проектирование деконструкции – это попытка в иерархии переработки поднять материалы и компоненты вверх от переработки до более экологически предпочтительного повторного использования. По этим причинам проекты деконструкции являются, в первую очередь, проектами для повторного использования материалов.

ВМ для управления деконструкцией здания

Возможности ВМ 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. И это даст значительные экономические и экологические преимущества. Активное использование информационного моделирования для создания различных сценариев эксплуатации и утилизации здания имеет большое будущее. ВМ через интерфейс прикладного программирования (API) для программного обеспечения улучшает сотрудничество между заинтересованными сторонами, позволяет визуализировать процесс деконструкции и разработать план деконструкции, проанализировать эффективность, произвести

количественную оценку извлекаемых материалов. С помощью BIM можно смоделировать альтернативные варианты для зданий с истекшим сроком эксплуатации и осуществлять более эффективное управление жизненным циклом здания на основе предложенной качественной модели экологической оценки.

Создание BIM позволяет не только ввести количественные показатели критериев для более экологически ответственного строительства, но и добиваться их оптимальных значений. Понятно, что надо стремиться к максимальному 100% значению всех критериев устойчивого строительства. Но часто это многопараметрическая взаимоисключающая задача. Не всегда экономичное решение является воплощением качественного экологически ответственного строительства. Возможности BIM в поисках оптимального решения позволяют осуществлять многократный пересчет для различных вариантов реализации проекта на всех стадиях ЖЦ здания.

Учитывая вышесказанное, необходимо активнее использовать BIM для управления деконструкцией здания. Правильные проектные решения на основе BIM могут оказать большое влияние на минимизацию отходов и эксплуатационные характеристики зданий в конце срока эксплуатации. Исследование подчеркивает функциональные возможности BIM, которые могли бы еще на этапах проектирования обеспечить эффективные механизмы принятия решений по оптимальной деконструкции.

Выводы

Основа любого строительного проекта проявляется в концепции. Стадия проектирования является одним из основных этапов ЖЦ проекта, так как она имеет наибольшее влияние на стоимость и производительность. При разработке экологически оптимальных зданий цель состоит в том, чтобы свести к минимуму общее воздействие на окружающую среду, связанное со всеми этапами ЖЦ строительного проекта, включая строительство,

эксплуатацию и деконструкцию. Этому будет способствовать рассмотренная качественная модель экологической оценки ЖЦ здания. Предлагается в рамках этого подхода проектировать с помощью BIM деконструкцию, которая использует основные принципы для более экологически ответственного строительства. Исследование проводилось вширь с использованием качественных подходов, а не вглубь на основе количественных. Необходимо определить количественные характеристики входных параметров – энергии, воды, сырья, материалов – и выходных – выбросов в окружающую среду, например, выбросов в атмосферу, утилизации твердых отходов, сбросов сточных вод для каждой стадии ЖЦ. Развитие работы может помочь обобщению результатов исследования на основе количественного подхода для того, чтобы выбрать наиболее предпочтительные материалы, сырье, процессы для строительства, эксплуатации и деконструкции.

Литература

1. Теличенко В.И., Бенуж А.А. Совершенствование принципов устойчивого развития на основе опыта применения «зеленых» стандартов при строительстве олимпийских объектов в Сочи // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №10. С. 40-43.
2. Добрынин А., Черных К., Куприянов В., Куприяновский П., Синягов С. Цифровая экономика – различные пути эффективного использования технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, BIG DATA, и др.) // Международный журнал открытых информационных технологий. 2016. Т.4. №1. С. 4-11.
3. Доможирова Е.А., Степанова Ю.С., Винидиктова М.Е. Преимущества BIM технологий на примере китайского опыта // Инженерный вестник Дона, 2019. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5800/.

4. Букунов А.С. Технологии работы с информацией при моделировании зданий // Инженерный вестник Дона, 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5960/.

5. 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. V.105 URL: dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018.

6. Bukunov A. Functional Modeling of an Integration Information System for Building Design. In: Arseniev D., Overmeyer L., Kälviäinen H., Katalinić B. (eds). Cyber-Physical Systems and Control, 2019. V.95. pp.525-535.

7. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология. Устойчивое строительство. // Правовые вопросы охраны окружающей среды. Экспресс-информация. М.: ВИНТИ, 2003. №11. С.39-40.

8. Akbarnezhad A., Ong K.C.G., Chandra L.R. Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. Automation in Construction, 2014, V.37 URL: dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.017.

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

10. Kibert C. J. Deconstruction's role in ecology of construction. Design for deconstruction and materials reuse. Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Karlsruhe, 2002, V.272 URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf.

References

1. Telichenko V.I., Benuzh A.A. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. №10. pp. 40 – 43.



2. Dobrynin A., Chernykh A., Kupriyanov V., Kupriyanovskij P., Sinyagov S. Mezhdunarodnyj zhurnal otkrytykh informatsionnykh tekhnologij. 2016. V.4. №1. pp. 4-11.

3. Domozhirova E.A., Stepanova Y.S., Vinidiktova M.E. Inzenernyj vestnik Dona, 2019, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5800/.

4. Bukunov A.S. Inzenernyj vestnik Dona, 2019, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5960/.

5. 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. V.105 URL: [dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018).

6. Bukunov A. Functional Modeling of an Integration Information System for Building Design. In: Arseniev D., Overmeyer L., Kälviäinen H., Katalinić B. (eds). Cyber-Physical Systems and Control, 2019. V.95. pp.525-535.

7. Tetior A.N. Pravovye voprosy okhrany okruzhayushej sredy. Ekspres informatsiya. Moskva: VINITI, 2003. №11. pp. 39-40.

8. Akbarnezhad A., Ong K.C.G., Chandra L.R. Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. Automation in Construction, 2014, V.37 URL: [dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.017](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.017).

9. Giglio F. Controlling environmental impacts in the dismantling phase. Design for Deconstruction and Materials Reuse. Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Karlsruhe, 2002, V.272 URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf.

10. 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. Karlsruhe, 2002, V.272 URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf.
