

Индекс циркулярности материала

УДК 696.1

Евтушенко Сергей Иванович

Профессор, д.т.н. наук, почетный работник высшего образования Российской Федерации, советник РААСН, член РОМГГиФ, профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Бурцев Филипп Сергеевич

Аспирант кафедры «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве» национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, Россия; e-mail: ziput222@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается методология оценки степени цикличности использования ресурсов, в ходе определения остаточного ресурса инженерных систем в процессе эксплуатации зданий. Предложенные ключевые показатели эффективности измеряют различные, не связанные напрямую, параметры: энергия, материалы, социальное воздействия, и являются как количественными, так и качественными показателями. Следовательно, предлагаемая методология выполняет процедуру расчета показателей самостоятельно, что в свою очередь позволяет эффективно использовать материалы на стадии проектирования зданий, а также в ходе их эксплуатации. В данной статье приведена методология расчета индекса рециркуляции материалов.

Ключевые слова: рециркуляция материалов, оценка степени цикличности, определение остаточного ресурса инженерных систем, жизненный цикл здания

Актуальность работы

При строительстве здания мало уделяют внимания технико-экономическому показателю, который в свою очередь включает эксплуатацию здания и утилизацию. Данный подход оценивает соотношение круговых потоков в аспекте инженерных систем на протяжении жизненного цикла здания. Вся методология учитывает перспективы жизненного цикла, включая в анализ; социальные, экономические и экологические показатели на всем сроке эксплуатации здания, то есть от закупки материалов до их утилизации в конце срока службы. Методология позволяет оценить эффективность использования рециркуляционных материалов, которые могут быть использованные после демонтажа здания, что в свою очередь сокращает затраты и дает возможность сэкономить невозобновляемые ресурсы нашей планеты. Также методика показывает нам степень соответствия принципам экономики замкнутого цикла в ходе эксплуатации здания.

INDEX OF CIRCULARITY OF MATERIAL

Evtushenko Sergey Ivanovich

Professor, Doctor of Technical Sciences, Honorary Worker of Higher Education of the Russian Federation, Adviser to the RAASN, Member of the ROMGGiF, Professor of the Department “Information Systems, Technology and Automation of Construction”, National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia; e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Burtsev Philip Sergeevich

Postgraduate student of the Department of “Information Systems, Technologies and Automation in Construction” of the National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia; e-mail: ziput222@yandex.ru

Abstract: The article discusses the methodology for assessing the degree of cyclical use of resources, during the determination of the residual resource of engineering systems during the operation of buildings. The proposed key performance indicators measure various parameters that are not directly related: energy, materials, social impact, and are both quantitative and qualitative indicators. Consequently, the proposed methodology performs the procedure for calculating indicators independently, which in turn allows the effective use of materials at the design stage of buildings, as well as during their operation. In this article, a methodology for calculating the recycling index of materials is obtained.

Keywords: recycling of materials, assessment of the degree of cyclicity, determination of the residual resource of engineering systems, the life cycle of a building.

Целью работы является разработка методологии проверки степени соответствия принципам экономики замкнутого цикла и экономической оценки жизненного цикла.

Формулировка задачи

Формулировка индекса циркулярности материала.

Рециркулируемые материалы - материалы, обладающие свойствами многократного использования в технологических циклах вида «материал, производство, продукция, потребление, отходы продукции, вторичное сырье (материал)» [1]. Используемые материалы при расчете индекса должны быть выражены в единицах веса [кг], согласно [1]. Степень рециркуляции, в соответствии с общепринятой структурой, измеряется как отношение рециркулируемых материалов к общему количеству используемых материалов в ходе строительства новых зданий или ремонте существующих. Это отношение должно быть разбито по типу оцениваемого материала (продукта) и выражено в процентах. Кроме того, материалы классифицируются в зависимости от источника сырья и конечного пути, для которого они были разработаны. В соответствии с определением рециркуляции материалов

от начала их жизненного цикла до конца [1 – 7], были определены две основные категории:

Технические материалы для технического цикла (для минералов, руд и продуктов, полученных из топлива)

Биологические материалы и продукты, предназначенные для использования в биологическом цикле (биомасса и другие материалы на основе биоматериалов).

Определение рециркулируемых материалов принятое нами и приведенное в этой статье соответствует Стандарту сертифицированных продуктов от колыбели до колыбели [5 – 13]. Рециркулируемые материалы должны быть безопасными для людей и окружающей среды, поступать из циклических источников и быть пригодными для переработки после их использования [7 – 9].

Для разделения на перерабатываемые и не перерабатываемые материалы нами будет использоваться анализ потока материалов [10], который в свою очередь применим при строительстве зданий или в процессе капитального ремонта отображенный на рисунке 1, а также на рисунке 2.

Исходя из проанализированной информации, соотношение циркулярности материала предлагается рассчитывать следующим образом (1) тем самым получаем индекс циркулярности материала (ИЦМ):

Схема материального баланса в масштабах всей экономики

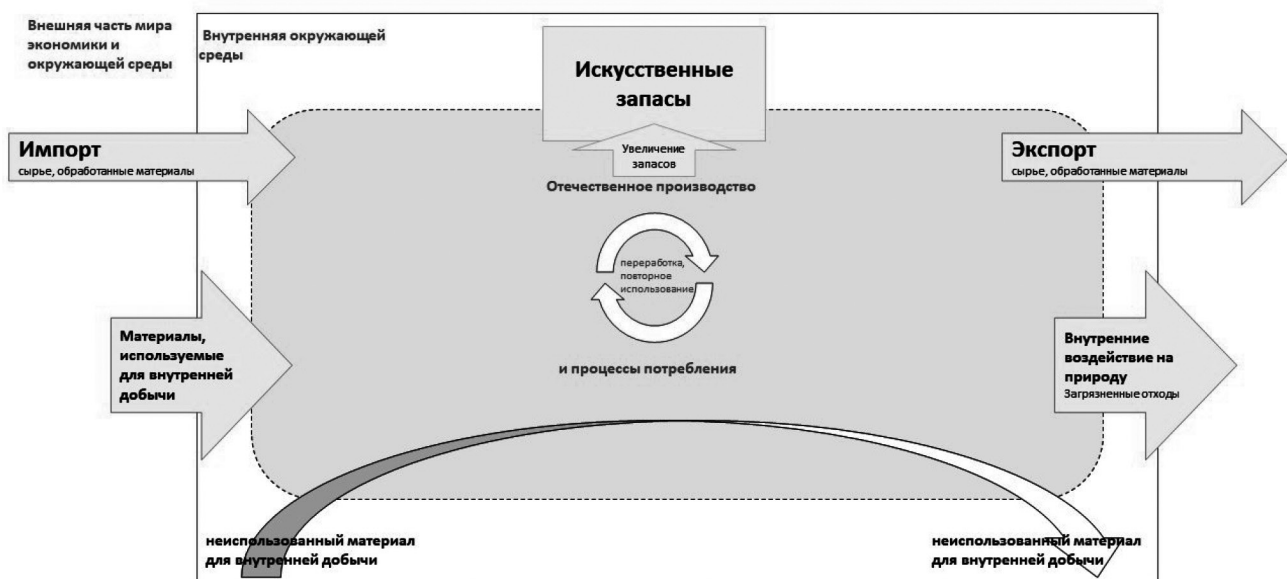


Рис. 1. Схема материального баланса в масштабах всей экономики



Рис. 2. Схема потока материала в соответствии рециклингом материалов [6]

$$ИЦМ[\%] = \frac{\sum ОРМ \text{ из циклических источников} + \sum ООВМ \text{ на переработку} [\text{кг}]}{\sum ТМІ + \sum ТМО [\text{кг}]} \quad 1)$$

где ОРМ представляют *общий расход материала*, ввезённый на строительную площадку в ходе строительства здания, и ООВМ - *общий объем вывозимых материалов* вывозимых из здания, при его демонтаже, выраженные в [кг].

Рассмотрим стадии жизненно цикла [14] и отобразим их в таблице 1.

Следовательно, по формуле (1), ОРМ из циклических источников и ООВМ на переработку можно выразить, как ВМЦИ - ввод материала в здание из циклических источников и ВМП - вывоз материала из здания на переработку, соответственно, выраженные в [кг]. Далее ВМЦИ и ВМП найдем для всех стадий жизненного цикла, и запишем в виде формулы (2):

$$ИЦМ[\%] = \frac{ВМЦИ_{A1-3} + ВМЦИ_{A4-5} + ВМЦИ_{B} + ВМП_{A5} + ВМП_{B} + ВМП_{C} [\text{кг}]}{ОРМ_{A1-3} + ОРМ_{A4-5} + ОРМ_{B} + ООВМ_{A5} + ООВМ_{B} + ООВМ_{C} [\text{кг}]} \quad (2)$$

Индекс циркулярности материала может применяться для всех видов материалов, которые потенциально могут быть переработаны совместно в соответствии с четырьмя категориями, указанными в

статистике учета материалов [15]: именно: биомасса, металлические руды, неметаллические минералы и ископаемые энергетические материалы. Однако для удобства использования методологии нет необходимости вводить материалы без дальнейшего агрегирования или сортировки, хотя это можно сделать впоследствии, чтобы представить результаты после обработки в значимом виде. Данная статья продолжает цикл работ авторов [15-18].

Выводы

1. Предложенная теоретически методология расчета индекса рециркулируемости материалов учитывает качественный и количественный показатели и показывает возможность повторного применения используемых материалов.
2. Методика показывает нам степень соответствия принципам экономики замкнутого цикла в ходе эксплуатации здания.
3. Детальные алгоритмы и рабочие программы будут приведены далее в последующих изданиях.
4. Данное исследование может использоваться в дальнейшем для определения возможности сортировки перерабатываемых строительных материалов.

Таблица 1.

Краткое изложение стадий жизненного цикла

№	Стадия жизненного цикла	Оценка важности влияния
1	Стадия продукта: А1 - А3	Достигнутый уровень сертификации в категории социальной среды 0 – 5 баллов.
2	Стадия строительства: А4 - А5	Социальные показатели строящихся зданий 0 – 4 баллов.
3	Ввод в эксплуатацию: В1	Оценка социальной эффективности зданий 0 – 13 баллов.
4	Эксплуатация: В2 – В5	Оценка социальной результативности зданий 0 – 4 баллов.
5	Демонтаж здания: С1 – С4	Социальная эффективность зданий в процессе деконструкции 0 – 4 баллов.

Литература

- ГОСТ Р 54098-2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения: национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2012-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 19 с.
- Васильев А.В., Васильева Л.А. К вопросу о системном обеспечении экологической безопасности в условиях современного города. // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. Т.5 №2. С. 363-368
- Кравцова М.В., Васильев А.В., Волков Д.А., Башкиров Ю.Ю. Оценка экологических рисков в процессе утилизации твердых бытовых отходов // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.16. № 1(7). С. 1849-1857.
- Барановская Н.И. Экономика строительства. Часть I: учеб. для вузов [текст] / Н.И. Барановская, Ю.Н. Казанский, А.Ф. Клюев и др. - СПб.: СПбГАСУ, 2003. - 368 с.
- Батова Н., Сачек П., Тоцицкая И. Циркулярная экономика в действии: формы организации и лучшие практики. -: Центр экономических исследований BEROC, 2018. - 19 с.
- Building Blocks. Circular economy design, business models, reverse cycles and enabling conditions are essential // Ellen MacArthur Foundation. 2017. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/building-blocks> (дата обращения: 28.06.2021).
- Agamuthu, P., 2008. Challenges in sustainable management of construction and demolition waste. Waste Manage. Res. 26 (6), 491-492.
- Akanbi, L.A., Oyedele, L.O., Akinade, O.O., Ajayi, A.O., Davila Delgado, M., Bilal, M., Bello, S.A., 2018. Salvaging building materials in a circular economy: a BIM-based whole-life performance estimator. Resour. Conserv. Recycl. 129, 175-186.
- Akinade, O.O., Oyedele, L.O., Munir, K., Bilal, M., Ajayi, S.O., Owolabi, H.A., Alaka, H.A., Bello, S.A., 2016. Evaluation criteria for construction waste management tools: towards a holistic BIM framework. Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev. 1-19
- Arora, R., Paterok, K., Banerjee, A., Saluja, M.S., 2017. Potential and relevance of urban mining in the context of sustainable cities. IIIM Manage. Rev. 29 (3), 210-224.
- Circular Economy : Фонд Эллен МакАртур (Ellen MacArthur Trust). URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy> (дата обращения: 25.07. 2021).
- Pakhomova, N. V. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution / N. V. Pakhomova, K. K. Rikhter, M. A. Vetrova // Innovations. – 2017. – No 7(225). – P. 66-70.
- Закрывающийся цикл (Closing the Loop) - план действий Евросоюза по циклической экономике, COM (2015) 614. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>
- Официальный сайт Cradle to Cradle Products Innovation Institute <https://www.c2ccertified.org/>
- [Электронный ресурс] -Url: www.europa.eu/eurostat (дата обращения : 03.09.2021) New system of monitoring of a condition of cracks small reinforced concrete bridge constructions Krakhmal'Ny T.A., Evtushenko S.I., Krakhmal'Naya M.P. В сборнике: Procedia Engineering. 2016. С. 2369-2374.
- Информационные технологии при обследовании промышленных зданий Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А., Крахмальная М.П., Чутченко И.А. Строительство и архитектура. 2017. Т. 5. № 1. С. 65-71.
- К вопросу об остаточном ресурсе длительно эксплуатируемых мостов через водопроводящие каналы Евтушенко С.И., Крахмальная М.П., Крахмальный Т.А. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 35 (54). С. 166-170.
- Система мониторинга состояния трещин и стыков зданий и сооружений Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А., Крахмальная М.П. Патент на изобретение RU 2448225 С1, 20.04.2012. Заявка № 2010140257/03 от 01.10.2010