

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №1, Том 13 / 2021, No 1, Vol 13 <https://esj.today/issue-1-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/13SAVN121.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лосев К.Ю. Информационные особенности жизненного цикла зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки, 2021 №1, <https://esj.today/PDF/13SAVN121.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Losev K.Yu. (2021). Buildings and structures life-cycle information specific. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(13). Available at: <https://esj.today/PDF/13SAVN121.pdf> (in Russian)

УДК 72

Лосев Константин Юрьевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Москва, Россия

Доцент кафедры

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: c.lossev@gmail.com

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=370360

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57197816510>

Информационные особенности жизненного цикла зданий и сооружений

Аннотация. Термин "жизненный цикл" был перенесен из научных исследований в официальный профессиональный дискурс строительной индустрии около 12 лет назад. Данное исследование развивает предыдущие работы в области жизненного цикла зданий и сооружений, рассматривая последние как особую категорию технических объектов. Известно, группы технических объектов образуют техноценозы, неотъемлемой частью которых является жизненный цикл зданий и сооружений, что и является предметом исследования в данной работе. Объектом исследования выступает здесь непосредственно жизненный цикл класса объектов и его отражение в природной среде – жизненный путь отдельного технического объекта. Дается обзор источников по данной теме, выявляются информационные особенности как жизненного цикла зданий и сооружений, так и необходимых и достаточных условий наличия у технического объекта жизненного цикла. В данной статье рассматриваются традиционные структуры жизненного цикла зданий, и автор предлагает альтернативную структуру цикла на основе положения об эмпирической закономерности трехпланового отражения в живой природе и положениях фрактальной геометрии самоподобных и псевдосамоподобных структур. Инфографическое моделирование выступает в работе как методологическая основа моделирования средств визуализации образов в информационных технологиях, формируя алгоритмы действий и направленность мышления исследователя. В результате автор предлагает уточнения определений терминов «жизненный цикл» и «жизненный путь» здания или сооружения, где «путь» связан с временем природной среды, а «цикл» с временем виртуальной – информационной среды. Делается вывод о том, что наличие жизненного цикла у технического объекта определяется необходимыми и достаточными условиями существования у объекта информационной модели в ее современном понимании и наличия в среде общих данных объекта алгоритма приобретения знаний из наборов данных информационной модели объекта (цифрового двойника) на любом этапе его жизненного пути. Также, делается вывод о том, что в техноценозе зданий и сооружений их информационные модели развиваются фрактально на основе триадного генератора «предпроектные-проектные-инженерно-строительные» работы. Автором выдвигается предположение, что жизненный цикл

как фрактальная временная функция обладает дробной метрической размерностью или метрической размерностью, превосходящей топологическую, а также предполагает, что инфографическое моделирование поможет создать непротиворечивую математическую модель жизненного цикла здания или сооружения.

Ключевые слова: жизненный цикл зданий; жизненный путь здания; информационная модель здания; среда общих данных; техноценоз; фрактал; анализ жизненного цикла; информационные технологии; инфографическая модель

Введение

Исследования последних лет в области методологии жизненного цикла (ЖЦ) технических объектов в целом и зданий в частности [1–8] показали, что в рамках техноценозов (9) – сооружение и здание являются особой категорией техники, то есть техническим объектом, где особенности состоят в следующем:

- ЖЦ объекта в общем случае превышает (в частном случае сопоставим) по времени с жизненными циклами объектов других категорий (например, станков, автомобилей, судов и пр.);
- максимальная интеграция объекта в биоценоз (природное взаимодействие) окружающей среды в процессе его ЖЦ;
- привязка объекта к конкретным географическим координатам планеты;
- качество каждого экземпляра объекта обеспечивается не максимальным соответствием типовой (эталонной, повторно применяемой) проектной документации, но соответствием проектной документации, адаптированной к пятну застройки, то есть у каждого экземпляра объекта – уникальная проектная документация.

В свою очередь технический объект может иметь как жизненный путь (lifeline), так и ЖЦ (life cycle). Жизненный путь объекта в архитектурно-строительной отрасли определяется исследователями как временная функция переходов объекта из одного состояния в другое. Он всегда объектно-ориентирован на создание и поддержку конкретного здания или сооружения. В зависимости от объекта понятие «состояние» (state) может трактоваться по-разному и оцениваться по различным критериям [7].

В предметной области строительства ЖЦ определяется как период времени^{1,2}, в отличие от общетехнических машиностроительных предметных областей, где ЖЦ является аналогом понятия "система"³. Особенности ЖЦ определяются:

- возможностью информационного обмена между информационными моделями (ИМ) зданий и сооружений и средой общих данных (СОД) на всех этапах жизненного пути здания и сооружения; СОД может рассматриваться как единое пространство данных;

¹ 384-ФЗ, ред. от 02.07.2013.

² ISO 19650-1:2018.

³ ГОСТ 53791-2010.

- возможностью извлечения знаний из наборов данных ИМ зданий и сооружений в СОД для использования в создании последующих моделей своей категории, что определяет ЖЦ зданий и сооружений, а также группы параметров цикла;
- параметрами обмена между ИМ и внешней средой, которые поддерживаются киберфизическими системами и задают уровень энтропии жизненного пути зданий и сооружений [7].

В целом количество стадий ЖЦ зданий и сооружений в немногочисленных отечественных нормативных документах колеблется от трех: проектирование, строительство, эксплуатация, – до семи: инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения.^{1,4}

Тем не менее, развитие информационных технологий и исследования в области автоматизации строительства приводят к необходимости дальнейшего изучения информационных особенностей жизненного цикла и жизненного пути зданий и сооружений: большей дифференциации данных терминов и определения альтернативной модели ЖЦ зданий и сооружений.

1. Методы

Анализ жизненного цикла и жизненного пути зданий и сооружений на основе инфографических моделей [6; 10; 11] показал, что требуется выделить необходимые и достаточные условия существования указанных терминов и описать их онтологию. Инфография является методологической основой проектирования систем и конструирования технических средств визуализации образов в информационных технологиях, формируя алгоритмы действий и направленность мышления исследователя [12; 13].

Используя ассоциативно-логический метод, из множества условий было выделено две категории дифференциации жизненного пути и ЖЦ: внутренние условия существования – имманентные объекту анализа (зданию или сооружению) и внешние – связанные с СОД. Отсюда, при определении необходимых и достаточных условий существования ЖЦ у здания или сооружения был определен минимальный набор условий: необходимым внутренним условием существования у технического объекта (здания или сооружения) ЖЦ является наличие у объекта ИМ в ее современном определении^{2,4,5,6,7,8}. Достаточным же внешним условием является наличие в СОД данной предметной области алгоритма приобретения (извлечения) знаний из наборов данных, содержащихся в ИМ, на любом этапе жизненного пути здания или сооружения. При несоблюдении двух данных условий, у здания или сооружения отсутствует ЖЦ и присутствует лишь жизненный путь. Необходимо отметить, что если новые объекты капитального строительства, проходящие государственную экспертизу практически все имеют свои ИМ, то, в настоящее время, до 90 % жилых зданий, построенных в XX веке и находящихся в эксплуатации, не имеют полноценной исполнительной документации

⁴ СП 333.1325800.2017.

⁵ 151-ФЗ от 27.06.2019.

⁶ СП 301.1325800.2017.

⁷ СП 331.1325800.2017.

⁸ СП 328.1325800.2017.

(Гумеров С., Конференция «ProEstate», Москва, 2017). Проведенный анализ позволил также уточнить формулировки указанных выше терминов, определив их следующим образом:

Жизненный путь здания или сооружения – это последовательность экономических и технологических процессов, которые происходят во времени, связаны с несущими и ненесущими конструкциями, а также с инженерными сетями, начиная от этапа отчуждения мысленной модели здания и фиксации ее на материальном носителе для создания информационной (виртуальной) модели, заканчивая этапом сноса физической модели здания и рекультивацией пятна застройки.

Жизненный цикл здания или сооружения – это повторяющаяся серия последовательных состояний(стадий) информационной модели в процессе жизненного пути, где цикличность возникает через извлечение из моделей знаний в среду общих данных (т. е. накопление знаний) для порождения новых моделей и информационной поддержки аналогичных классов зданий и сооружений. Здесь суть данных состояний идентична понятию «конечное состояние автомата» в онтологии теории конечных автоматов.

Мысленная модель является порождающей, далее из нее возникает информационная (виртуальная) модель, из которой создается физическую модель, причем после возведения физической модели информационная модель существует параллельно с последней.

Ранее информационная модель разделялась на уровни проработки, соответствующие одной из стадий предложенной структуры ЖЦ, как указано в таблице 1.

Таблице 1

Уровни проработки цифровых ИМ⁹

№	Наименование этапа жизненного цикла	Уровень проработки информационной модели
1	Инженерные изыскания	Модель инженерных изысканий
2	Обоснование инвестиций	Концептуальная модель
3	Архитектурно-строительное проектирование	Проектная модель
4	Строительство	Строительная модель
5	Реконструкция	Модель “как построено” (as-build)
6	Капитальный ремонт	Исполнительная модель
7	Эксплуатация	Эксплуатационная модель
8	Снос и утилизация	Модель сноса и утилизации



Рисунок 1. Детализированная традиционная структура ЖЦ здания с учетом приобретаемых знаний (разработано автором)

⁹ СП 333.1325800.2017-2020.

Также можно представить более детализированный ЖЦ здания с учетом знаний, извлекаемых из данных ИМ, что показано на рис. 1.

Необходимо добавить, что приобретение знаний из данных возможно не только в итоге жизненного пути здания, но на каждом этапе ЖЦ, указанном на рис. 1. Это зависит от реализуемого алгоритма приобретения знаний [14].

Положение об эмпирической закономерности трехпланового отражения в живой природе рассматривалось не только на философском уровне, но и исследовалось в рамках системотехники, био-кибернетики (Анохин П.К.) [15].

Трехплановость, трехчастность деления предметной области в научном познании является, вероятно, необходимым и достаточным по количеству измерений пространства исследований [16–20].

На основе эмпирической закономерности о трехплановости, рассмотренной выше, а также приложения элементов фрактальной геометрии к динамике ЖЦ зданий и сооружений, предлагается модернизировать модель ЖЦ, что представлено на рис. 2:

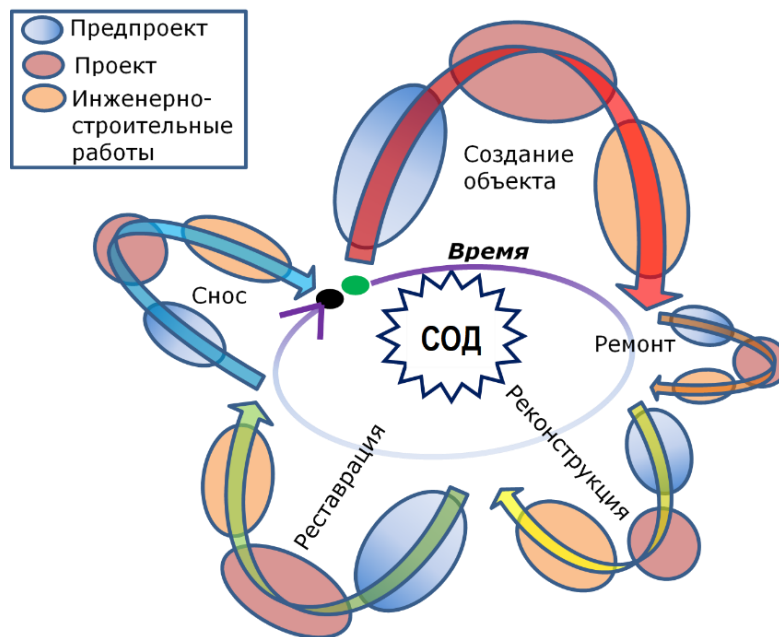


Рисунок 2. Модель жизненного цикла здания на основе фрактальности событий (разработано автором)

Жизненный цикл здания или сооружения является приближённо самоподобной (псевдосамоподобной) временной функцией. Предполагается, что данный ЖЦ обладает дробной метрической размерностью или метрической размерностью, превосходящей топологическую.

Основные известные свойства фракталов: самоподобие, генератор (шаблон) и неравномерность [21] отображаются в предлагаемой модели следующим образом:

1. время является масштабом самоподобия, то есть чем дальше во времени рассматривается система, тем меньше ее актуальный масштаб;
2. генератором (шаблоном, определяющим элементы каждого множества) является триада работ (активностей): «предпроектные», «проектные», «инженерно-строительные» работы;

3. неравномерность представлена во времени разными значениями сочетания таких параметров(аргументов) фрактала «ЖЦ здания» как финансовые, энергетические, информационные затраты, количество принимающих решения лиц и т. п. Всплесками (флуктуациями) являются так называемые «события», которые могут быть гармоничными и дисгармоничными относительно геометрии ЖЦ здания или сооружения. Гармоничные события в противовес дисгармоничным имеют шаблонную (триадную) структуру: «предпроектные-проектные-инженерно-строительные» работы. «Событие» задает точку бифуркации фрактала «ЖЦ здания» и колебания сочетаний аргументов системы приводят к одному из возможных(ожидаемых) аттракторов, то есть приводят направлению (ветке) устойчивого режима работы, по которому будет далее развиваться фрактал «ЖЦ здания».

«Гармоничными событиями» ЖЦ цикла являются любые, имеющие в своей основной структуре триаду «Предпроектные-Проектные-Инженерно-строительные работы», а именно: создание здания или сооружения, капитальный ремонт, реконструкция, реставрация, снос.

«Дисгармоничными событиями» являются: внешние катастрофические и разрушающие воздействия, консервация, внутренние аварии и внеплановые косметические ремонты.

2. Результаты

Исследования информационной поддержки зданий или сооружений в их ЖЦ выявляет несколько особенности зданий и сооружений как особой категории технических объектов, имеющих ЖЦ как составляющую техноценозов:

- ЖЦ объекта в общем случае превышает (в частном случае сопоставим) по времени с жизненными циклами объектов других категорий (например, станков, автомобилей, судов и пр.);
- максимальная интеграция объекта в биоценоз (природное взаимодействие) планеты в процессе его ЖЦ;
- привязка объекта к конкретным географическим координатам планеты;
- качество каждого экземпляра объекта обеспечивается не максимальным соответствием типовой (эталонной) проектной документации, но соответствием проектной документации, адаптированной к пятну застройки, то есть у каждого экземпляра объекта – уникальная проектная документация.

Выделение необходимых и достаточных условий наличия у технического объекта в общем и, в частности, у зданий и сооружений жизненного цикла (ЖЦ) привело к формулировке двух подобных условий. Необходимым условием является наличие у объекта ИМ в ее современном определении. Достаточным условием является наличия в СОД данной предметной области алгоритма приобретения (извлечения) знаний из наборов данных, содержащихся в ИМ объекта (цифровом двойнике), на любом этапе его жизненного пути.

В рамках исследования были уточнены формулировки терминов «жизненный путь» и «жизненный цикл»:

- Жизненный путь здания или сооружения – это последовательность экономических и технологических процессов, которые происходят во времени, связаны с несущими и ненесущими конструкциями, а также с инженерными сетями, начиная от этапа отчуждения мысленной модели здания и фиксации ее на материальном носителе для создания информационной (виртуальной) модели,

заканчивая этапом сноса физической модели здания и рекультивацией пятна застройки.

- Жизненный цикл здания или сооружения – это повторяющаяся серия последовательных состояний(стадий) информационной модели в процессе жизненного пути, где цикличность возникает через извлечение из моделей знаний в среду общих данных для порождения новых моделей и информационной поддержки информационных моделей аналогичных категорий.

Рассмотрение традиционных структур ЖЦ зданий и сооружений как функций времени позволило предложить альтернативную структуру ЖЦ, основанную на положении об эмпирической закономерности трехпланового отражения в живой природе и положениях фрактальной геометрии псевдосамоподобных структур.

Общей информационной закономерностью жизненного пути и жизненного цикла как функций изменения одного объекта, но наблюдаемых и реализующихся в различных средах: природной и виртуальной, соответственно, – является наличие триады деятельностей: «предпроектные», «проектные», «инженерно-строительные» работы.

В этом случае информационная поддержка здания или сооружений в их ЖЦ может заключаться в предварительной обработке входящей в ИМ информации (поток данных) для прогнозирования указанных «событий» и предотвращения лавинных эффектов, трансформации «дисгармоничных событий» в «гармоничные», реализации гомеостатических эффектов в ИМ здания или сооружения и выборов устойчивых режимов работы фрактала «ЖЦ здания».

Выводы

1. Наличие жизненного цикла у технического объекта определяется необходимыми и достаточными условиями наличия у объекта информационной модели в ее современном понимании и наличия в среде общих данных объекта алгоритма приобретения знаний из наборов данных информационной модели объекта (цифрового двойника) на любом этапе его жизненного пути.

2. Здания и сооружения являются особой категорией технических объектов и их жизненный цикл является фракталом, где генератором (шаблоном) фрактала выступает триадная структура: «предпроектные-проектные-инженерно-строительные» работы.

Необходимы дальнейшие исследования для подтверждения обладания фракталом «жизненный цикл здания» дробной метрической размерностью или метрической размерностью, превосходящей топологическую, а также необходимы исследования для создания непротиворечивой математической модели на основе инфографической модели жизненного цикла здания или сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тюхтина В.С. Урманцев Ю.А. Система, симметрия, гармония. – Москва: Мысль, 1988.
2. Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд. переработ. и доп. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 1993. – 552 с.
3. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. – Калининград: КВИ ФПС РФ – ЗНЦ НТ РАН, 2003. – 132 с.
4. Южанников А.Ю. Ценологическая модель и логарифм Фибоначчи в системах электроснабжения // «Академия тринитаризма». – Москва, Эл. № 77-6567, публ.

- 14111, 28.12.2006 URL: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0232/009a/02321041.htm> (дата обращения: 28.12.2020).
5. Судаков К.В., Чулков В.О., Казарян Р.Р., Глазачев О.С., Дмитриева Н.В., Комаров Н.М. Антропотехника: нормирование в каждом живом и искусственном существе / ред. проф. В.О. Чулков. – Москва: СвР-Аргус, 2013. – 320 с.
 6. Чулков В.О., Лосев К.Ю. Инфографическое моделирование сходства и отличия естественного и искусственного в междисциплинарных онтологиях теории и киберфизики систем // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/95TVN417.pdf> (дата обращения: 03.01.2021) DOI: 10.15862/95TVN417.
 7. Лосев К.Ю. Методологические аспекты жизненного цикла зданий // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, URL: <https://esj.today/PDF/119SAVN619.pdf> (дата обращения: 03.01.2021).
 8. Попечителей Е.П., Основы Биотехники. Технические системы – инструмент практической деятельности человека. – Старый Оскол: ТНТ, 2021. – 376 с.
 9. Лосев К.Ю. Пропорции семантической информации на этапе проектирования в жизненном цикле объекта строительства // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/182TVN617.pdf> (дата обращения: 03.01.2021).
 10. Losev K., Chulkov V., 2019 Infographic oriented management model of cyber-physical systems during a building life cycle, International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice for the Innovation Development” (CATPID-2019), E3S Web of Conferences, Vol.138, Article No.02009, URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913802009> (дата обращения: 28.12.2020).
 11. Гинзбург А.В., Куликова Е.Н., Павлов А.С., Вайнштейн М.С. Обеспечение интероперабельности при проектировании с применением технологий информационного моделирования // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, URL: <https://esj.today/PDF/25SAVN619.pdf> (дата обращения: 28.12.2020).
 12. Чулков В.О., Чулков Г.О. Инфография: модульный курс лекций в 5 томах. – Москва: СвР-Аргус, 2006-2008. – 90,4 п.л.
 13. Чулков В.О., Казарян Р.Р., Лёвин Б.А. Инфографические модели антропотехники управления: Модульный курс лекций – Т.1. – Москва: Русская школа, 2017. – 424 с.
 14. Losev K.Yu., The common data environment features from the building life cycle IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Volume 913, Article No.042012, DOI:10.1088/1757-899X/913/4/042012.
 15. Структурные уровни биосистем: Материалы к конференции. – Москва: [б.и.], 1967. – 267 с.
 16. Развитие концепции структурных уровней в биологии. – Москва: Наука, 1972. – 392 с.
 17. Баранцев Р.Г. О тринитарной методологии / Философский век. Альманах. Вып. 7. Между физикой и метафизикой: наука и философия. – С-Петербург: [б.и.], 1998. – С. 51–61.
 18. Цветков В.Я. Системная категориальная триада // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4–3. – С. 651–651; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9048> (дата обращения: 28.12.2020).
 19. Ильин В.Д. S-моделирование объектов автоматизации. – Москва: ИПИ РАН, 2010. – 412 с.
 20. Philbert B. Der Dreieine: Anfang und Sein: Die Structure der Schöpfung. – Stein am Rhein: Schweiz. 1974.
 21. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. – Москва: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". 2001. – 128 с.

Losev Konstantin Yur'evich

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia

E-mail: c.lossev@gmail.com

РИИЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=370360

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57197816510>

Buildings and structures life-cycle information specific

Abstract. The term "life cycle" was transferred from scientific research to the official professional discourse of the construction industry about 12 years ago. This study develops previous work in the field of the life cycle of buildings and structures, considering the above mentioned ones as a special category of technical objects. It is known that groups of technical objects form technocenoses, and the life cycle of buildings and structures is an integral part of it, which is the subject of research in this paper. The object of research here is the life cycle of a class of objects and its reflection in the natural environment as the lifeline of a technical object. An overview of the sources on this topic is given, information features of both the life cycle of buildings and structures, and the necessary and sufficient conditions for the existence of a technical object of the life cycle are identified. This article examines traditional structures of the life cycle of buildings, and the author suggests an alternative structure of the cycle based on the position of the empirical regularity of the three-plan reflection in the living nature and the positions of the fractal geometry of self-similar and pseudo-self-similar structures. Infographic modeling acts in the work as a methodological basis for modeling image visualization tools in information technologies, forming algorithms of actions and the direction of thinking of a researcher. The result is an opportunity to refine definitions of the terms "life cycle" and "lifeline" of a building or structure, where the lifeline is associated with time in natural environment, and life cycle – with time in virtual information environment. The conclusion is given of a technical object life cycle is defined by necessary and sufficient conditions for the existence of object information model in its modern sense and the existence of knowledge acquisition algorithm in the common data environment of an object. It extracts knowledge from the object information model data sets (digital twin) at any stage of its life. Also, it is concluded that buildings and structures information models develop fractally in the technocenosis on the basis of the generator of triad: "pre-design works-design works-civil engineering works". The author suggests that the life cycle as a fractal time function has a fractional metric dimension or a metric dimension that exceeds the topological one, and also suggests that infographic modeling will help create a consistent mathematical model of the life cycle of a building or structure.

Keywords: building life cycle; building lifeline; building information model; common data environment; technocenosis; fractal; life cycle analysis; information technology; infographic model