

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

2022, №1, Том 14 / 2022, No 1, Vol 14 <https://esj.today/issue-1-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/09SAVN122.pdf>

DOI: 10.15862/09SAVN122 (<https://doi.org/10.15862/09SAVN122>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Лосев, К. Ю. К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений / К. Ю. Лосев, Ю. Г. Лосев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/09SAVN122.pdf> DOI: 10.15862/09SAVN122

**For citation:**

Losev K.Yu., Losev Yu.G. Towards the methodology of automation of buildings and structures life cycle. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(1): 09SAVN122. Available at: <https://esj.today/PDF/09SAVN122.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/09SAVN122

## 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](mailto:c.lossev@gmail.com)

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=370360](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=370360)

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

## Лосев Юрий Григорьевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов»  
Старооскольский технологический институт, Старый Оскол, Россия

Доцент кафедры

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: [ylosev@bk.ru](mailto:ylosev@bk.ru)

## К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений

**Аннотация.** Перемены в инновационном развитии отечественной отрасли строительства, связанные с переходом на новый технологический уклад, приводят к выводу, что автоматизация и управление бизнес-процессами в жизненном цикле объектов строительства заключается в создании объектно-ориентированных автоматизированных технологий для каждого этапа цикла на основе общего информационного пространства и интегрированной информационной модели зданий (сооружений), виртуально представляющих различные части инвестиционной, проектной, исполнительной и эксплуатационной документации. Предметной областью статьи является жизненный цикл зданий и сооружений, где объектом исследования выступает формализация технологий автоматизации жизненного цикла объектов строительства. Процессы этапов жизненного цикла технологически различаются, и, если генеральной целью содержания проектной документации является создание безопасной, здоровой и комфортной среды жизнедеятельности людей, то главным семантическим атрибутом этапов жизненного цикла становится деятельность лиц, принимающих решения по управлению данными процессами. Их деятельность всегда объектно-ориентирована и поддерживается соответствующими технологиями на всех этапах. Структура этапов в жизненном цикле зданий и сооружений содержит различные предметные области деятельности указанных специалистов. В статье предлагается развитие методологии построения автоматизированных технологий управления этапами жизненного цикла объектов

строительства, опираясь на практическое приложение выводов теории алгорифмов Маркова, сформулированное как Конструктивное Направление. Данное направление утверждает, что любой виртуальный или материальный объект всегда имеет реализующий его Конструктивный Процесс. «Цифровизация» как основа сбора и постоянного аккумулирования «больших данных», «искусственный интеллект» как правила порождения конструктивных объектов, автоматизация бизнес-процессов как практическое внедрение технологий Конструктивных Процессов и порождения конкретных объектов строительства, основаны на концепции Конструктивного Направления. Предложено любой автоматизированный Конструктивный Процесс формально представить как структуру модели порождающей грамматики. Опираясь на сформулированные концептуальные и методологические подходы к этапам жизненного цикла, предложена принципиальная схема построения технологических моделей автоматизированных К-процессов. Это позволит уменьшить риски и затраты, повысить эффективность разработок автоматизированных технологий ЖЦ ОС. Заключительным выводом работы является указание, что целеполагание дорогостоящих и трудоемких разработок внедрения объектно-ориентированных автоматизированных технологий поддержки этапов жизненного цикла объектов строительства должно быть направлено на создание нового технологического уклада и формирование условий безопасной, здоровой и комфортной жизни людей в виртуальной и природной средах.

**Ключевые слова:** жизненный цикл здания; инновации; методология; принимающее решение лицо; технологии информационного моделирования; технология информационной поддержки изделия; теория алгорифмов; конструктивное направление; конструктивный процесс; формализация технологии; жизненный цикл здания; объект строительства; новый технологический уклад

## Введение

Общее инновационное развитие отрасли строительства в настоящее время во многом связано с изменениями, которые выступают средствами повышения эффективности, производительности, смены технологического уклада в строительстве: общая автоматизация производства, цифровизация, технологии машинного интеллекта.

Однако, управляя данными изменениями и инновациями, важно учитывать особенности отрасли, связанные с её консерватизмом.

Во многом это связано с высокой материало-, трудо- и -энергоёмкостью существующих строительных систем производства объектов строительства (ОС) различного назначения. Производство ОС — зданий и сооружений — различного гражданского и промышленного назначения, опирающееся на сложившийся традиционный технологический уклад, сдерживает внедрение инноваций. При этом перемены в строительстве растягиваются на многие годы.

Другой особенностью является факт того, что ОС нужно рассматривать в контексте всего жизненного цикла (ЖЦ) зданий и сооружений, когда продолжительность самого ЖЦ может достигать десятков и сотен лет. Указанные сроки значительно отличаются от продолжительности ЖЦ большинства технических изделий, производимых в других отраслях [1]. Схематичное представление этапов ЖЦ в предметной области строительства представлено на рисунке 1.

Очевидно, что производственные процессы (бизнес-процессы) на различных этапах ЖЦ ОС, представленной на рисунке 1 технологически отличаются друг от друга, то есть имеют различные цели, средства, методы, состав специалистов, технологии и другие содержательные особенности этапов. Традиционно они связаны с различными атрибутами бизнес-процессов производства и эксплуатации ОС.



**Рисунок 1.** Содержательные этапы ЖЦ ОС (составлено автором)

Данные атрибуты можно свести к 4 категориям ресурсов: материально-технические, временные, информационные, энергетические (включая финансы, как дериват энергии) и человеческие. Последний тип ресурсов в отношении рассматриваемой предметной области имеет основной семантический атрибут: действующее лицо (actor) ЖЦ ОС. Причём, главным действующим лицом бизнес-процессов ЖЦ всегда являются специалисты, принимающие решения на этапах ЖЦ ОС, сокращенно ЛПР — Лицо Принимающее Решения.

ЛПР всегда действует на основе знаний и моделей соответствующих предметных областей развёртывания ЖЦ во времени.

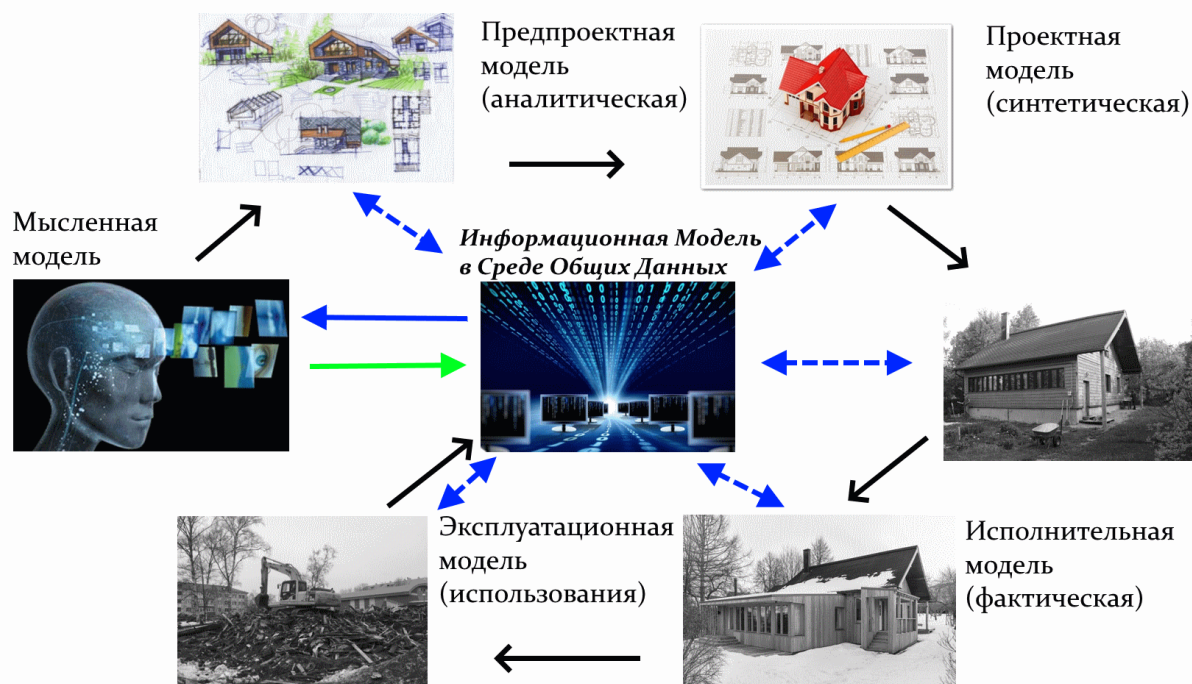
Одновременно, ЛПР является творческой личностью, способной действовать в слабоструктурированных неопределённых ситуациях, используя внутриличностные антропогенные инструменты, описываемые термином «интуиция», которые порождают мысленные модели [2]. Схематично это представлено на рисунке 2, где стрелки черного цвета, отображают направление изменения состояний информационной модели зданий в его ЖЦ; синие стрелки отображают обмен данными с информационной моделью зданий (или сооружения) в виртуальной среде; зеленая стрелка отображает информационное управляющее воздействие ЛПР в любой промежуток времени ЖЦ ОС; штриховой тип линии указывает на машинно-машинные интерфейсы информационного обмена; прямой тип линии указывает на человеко-машинные интерфейсы.

ЖЦ ОС превращается в неуправляемый процесс, ведущий от синергии к хаосу, если в его процессах отсутствует ЛПР.

До настоящего времени деятельность ЛПР в ЖЦ ОС была и остаётся фрагментарной, расчленённой на этапы, представленные на рисунке 1. Но общим связующим звеном для всех этапов традиционно выступает проектная документация (ПД) ОС, по существу представляющая собой отображение информационной модели на материальные носители.

Приведённые выше представления предметной области ЖЦ ОС важны для построения моделей автоматизированных технологий управления и функционирования бизнес-процессами на различных этапах ЖЦ ОС. Это позволит уменьшить риски и затраты, повысить

эффективность долгосрочных и дорогостоящих разработок соответствующих автоматизированных технологий. Поэтому возникает вопрос о важности семантического атрибута «ЛПР» в ЖЦ ОС, а также вопрос о теоретических основах методологии автоматизация самой деятельности ЛПР в технологиях ЖЦ ОС.



*Рисунок 2. Содержательные этапы ЖЦ ОС (составлено автором)*

В отрасли строительства опыт внедрения ЖЦ ОС только нарабатывается [3; 4]. Заделом в этой работе является значительный опыт создания различных подсистем систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных систем управления (АСУ) ОС, внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ) на основе зарубежных (Open-BIM) и отечественных (ЕСИМ) подходов. Серьезное влияние оказывают технологии работы в конкретных информационных системах моделирования: Revit, Archicad, Tekla, Aveva, Allplan, Bentley, Renga и других. В этих условиях вырастают требования к ЛПР, которые должны знать не только предметные области, но и владеть специализированными средствами автоматизированных технологий (методическими, системотехническими, программными, информационными, лингвистическими) на соответствующих этапах ЖЦ ОС, в том числе в условиях возникновения неопределённости при принятии решений [5].

Следует отметить, что государство активно включилось в проблему поддержки развития отрасли строительства путем внедрения информационного моделирования и соответствующих технологий в практику проектирования и строительства ОС, создания соответствующих стандартов. Однако, пока идеология информационной поддержки ЖЦ ОС в отрасли еще находится в стадии становления и требует методологического развития [6–13].

Напротив, в отрасли машиностроения, в военной промышленности, в добывающих отраслях, накоплен значительный опыт поддержки ЖЦ изделий на основе внедрения так называемых ИПИ (CALS) технологий [14–18]. При этом главные цели внедрения хорошо отражает смысл одного из переводов аббревиатуры CALS, как «бизнес в быстром темпе», т. е. максимальное повышение эффективности сложного производства и получения прибыли.



В различных отраслях опыт управления и автоматизации этапов ЖЦ изделий основан на применении так называемых PLM-систем [19]. Возможности применения PLM-систем в строительстве и достаточно подробный анализ их сущности изложен в работе [20]. В целом, PLM-система выступает в качестве средства, интегрирующего информационное пространство изделия для всех этапов его ЖЦ [21].

В настоящее время импортозамещающие подходы к развитию системы управления и автоматизации этапов ЖЦ ОС развивает в рамках проекта ЛОЦМАН-PLM, отечественная фирма Аскон. Указывается, что данная система позволяет управлять данными и процессами ЖЦ машиностроительных изделий, организовывать коллективную работу специалистов, быстро находить нужную информацию, помогает оптимизировать рабочие процессы и уделять больше времени инженерному творчеству и созданию инновационных продуктов [22–27].

Однако, для строительной сферы четкого обоснования методологии автоматизации этапов ЖЦ ОС из приведенных источников на наш взгляд недостаточно, поэтому, считаем необходимым обосновать методологический подход для построения моделей автоматизированных технологий управления и функционирования бизнес-процессов на этапах ЖЦ ОС.

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

Традиционно содержательной основой деятельности ЛПР ЖЦ ОС являются применение знаний предметной области соответствующего этапа ЖЦ ОС. Для проектировщиков-строителей такие исходные знания сосредоточены в теории сооружений (в алгоритмах строительной механики и предельных состояниях работы конструкций). Для производителей сферы строительной индустрии в теории и алгоритмах организации и управления технологическими процессами производства ОС. Для специалистов по эксплуатации ОС такие знания во многом связаны с инженерным жизнеобеспечением ОС (электро-, тепло-, водо-, газо- и другие типы инженерного обеспечения), а также с вопросами энергоэффективности (теплосбережение и иные виды ресурсосбережения), строительной физики (температура, влажность, воздухообмен, звукоизоляция, освещение, радиационная защита и др.), контроля надежности конструкций ОС.

Деятельность ЛПР всегда объектно-ориентирована и поддерживается соответствующими технологиями на этапах ЖЦ ОС. Технологии содержат онтологию предметных областей соответствующих этапов, цели и методы их достижения, представление различных материально-технических средств, состав специалистов, организацию деятельности, включая расчет энергозатрат.

Таким образом необходимые знания, а также умения и навыки деятельности ЛПР концентрировано выражены в технологиях соответствующих этапов:

- предпроектного, при разработке инвестиционного проекта;
- проектного, при разработке ПД ОС;
- строительного производства ОС на основе ПД ОС;

- эксплуатации, различных типов ремонтов, реконструкции, реставрации ОС на основе ПД ОС;
- вывода из эксплуатации через демонтаж, сноса и рекультивацию непосредственно окружающей природной среды на основе принятия решения о нецелесообразности эксплуатации и проведения утилизации ОС.

Какие же основные цели должна содержать деятельность ЛПП в принятии решений в ЖЦ ОС? Какие требования при этом выдвигаются к ЛПП?

В первом приближении это повышение скорости и качества принятия решений непосредственно ЛПП при разработке и использовании ПД ОС.

Однако, само содержание ПД ОС повсеместно должно отвечать главной, точнее, генеральной цели — созданию безопасной, здоровой и комфортной среды жизнедеятельности людей в окружающей среде ОС [28]. Этим и только этим целям должны служить изменения в технологическом укладе строительной отрасли в целом (в таких условиях получение прибыли вторично). Бизнес-процессы и ЛПП будут функционировать в качественно новых условиях принятия решений и требований к ОС.

Генеральная цель содержания ПД ОС соответственно отображается на автоматизированные технологии этапов ЖЦ ОС. То есть автоматизация этапов ЖЦ ОС технологически должна быть направлена в конечном итоге на создание безопасной, здоровой и комфортной жизни людей в искусственной (виртуальной) и природной средах.

Известно, что все теоретические построения (теории) в различных областях деятельности основываются на четкой системе аксиом, которые позволяют выводить истинно правильные построения в рамках данной системы аксиом. Для всех систем автоматизации истинно правильные предложения, вытекающие из теории, представляют собой алгоритмы (с областями значения и определения обработки информации), далее создаются компьютерные программы фактической обработки информации и управления последовательностью (алгоритмами) работы программ в конкретной предметной области для достижения поставленной цели.

Таким образом концептуально и методологически автоматизация технологий ЖЦ ОС и деятельность ЛПП, как её структурной части, в настоящее время основана на теории алгоритмов, развиваемой дискретной математикой [29–31]. В основании лежат также теоретико-множественные отношения, структуры данных, теория графов и другие отображения виртуальных и материальных конечных элементов предметных областей в пространстве и во времени.

Наиболее разработанной с точки зрения практических приложений является теория алгорифмов Маркова, на основании которой сформулировано так называемое Конструктивное Направление. Сущность Конструктивного Направления заключается в утверждении (аксиоме), что любой искусственно созданный виртуальный или материальный объект (в данном случае ОС) всегда имеет реализующий его Конструктивный Процесс (К-процесс). По существу, конкретный К-процесс всегда реализуется в конкретной технологии в составе ЛПП, средств технологии, правил порождения конструктивных объектов, целей — множество порождаемых конструктивных объектов (КО)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Марков А.А. Конструктивное направление // Философская энциклопедия, Т. 3. Москва. Изд. Советская энциклопедия. 1964. URL: <http://philosophy.niv.ru/doc/encyclopedia/philosophy/articles/528/konstruktivnoe-napravlenie.htm> (дата обращения: 12.01.2022).

Данное утверждение является концептуальной, методологической основой построения и управления автоматизированными технологическими процессами для ЛПР, которые формируют и используют информационные модели различных частей ОС в составе ПД ОС на всех этапах ЖЦ ОС.

## 2. Результаты

В итоге автоматизация и управление бизнес-процессами в ЖЦ ОС заключается в создании объектно-ориентированных автоматизированных технологий для каждого этапа ЖЦ ОС на основе общего информационного пространства (среды общих данных) и интегрированной информационной модели ОС, виртуально представляющих различные части ПД ОС.

Формально любой автоматизированный К-процесс можно представить как некую инвариантную модель порождающей грамматики в виде структуры:

$$K\text{-процесс} = \{ CP, KO, LPP, PP \},$$

где:

- CP — средства К-процесса в составе методического, системного, технического, программного, информационного, лингвистического, организационного видов обеспечений (в грамматике — основной алфавит);
- KO — множество порождаемых (простых и сложных) Конструктивных Объектов (КО), как целей ЛПР (в грамматике начальный символ);
- LPP — управление К-процессом при получения КО (в грамматике вспомогательный алфавит);
- PP — схема порождающего процесса достижения целей предметной области в виде КО (сетевые графы, связывающие производство информационных моделей КО через производственные процедуры (в грамматике — система вывода).

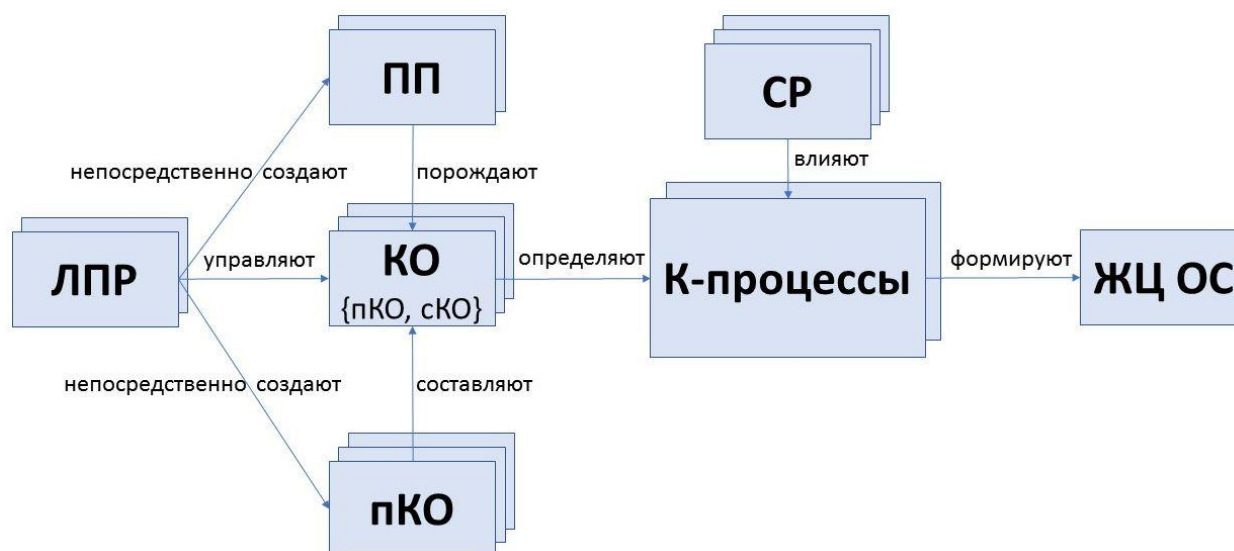
Таким образом, «цифровизация», «искусственный интеллект» и автоматизация бизнес-процессов основаны на концепциях Конструктивного Направления, если рассматривать процесс цифровизации как основу сбора и постоянного аккумуляции «больших данных», «искусственный интеллект» как правила порождения КО, автоматизацию бизнес-процессов как практическое внедрение технологий К-процессов и порождения конкретных КО (в данном случае — ОС).

Опираясь на предложенную предварительную и инвариантную формализацию К-процесса, на понимание Конструктивного Направления как концептуальной, методологической основы построения технологий управления автоматизированными процессами, считаем возможным предложить подходы и формальные модели построения технологий автоматизированных К-процессов для различных этапов ЖЦ ОС. Данное предложение опирается на раннее выполненную работу по формализации технологии проектирования в строительстве<sup>2</sup>. На рисунке 3 представлена семантическая сеть построения технологий автоматизированных К-процессов для ЖЦ ОС.

---

Субботин А., Бирюков В. Формализация. Формальные системы // Философская энциклопедия, Т. 5. Москва. Изд. Советская энциклопедия. 1970. URL: <http://philosophy.niv.ru/doc/encyclopedia/philosophy/articles/1336/formalizaciya.htm> (дата обращения: 12.01.2022).

<sup>2</sup> Лосев Ю.Г. Формализация построения технологии автоматизированного проектирования типовых конструкций промзданий. Автореферат диссертации. Москва. Изд. ЦНИПИАСС. 1978.



**Рисунок 3.** Семантическая сеть построения технологий автоматизированных К-процессов для различных этапов ЖЦ ОС (составлено автором)

Данная семантическая сеть показывает, что ЛПР имеют три основные задачи в рамках информационной поддержки зданий и сооружений в их ЖЦ: непосредственное создание порождающих процессов, создание (отбор) простых конструктивных объектов и управление во времени ЖЦ конструктивными объектами (включая простые и сложные).

Таблица 1 предлагает инструмент перехода от терминологии теории алгоритмов к предметной области информационной поддержки ЖЦ зданий и сооружений

**Таблица 1**

**Отображение терминов теории алгоритмов в предметную область информационной поддержки ЖЦ зданий и сооружений**

Термин «Конструктивного Подхода» теории алгоритмов	Аббревиатура термина	Наименование термина при отображении в предметную область информационной поддержки ЖЦ зданий и сооружений
Простой конструктивный объект	пКО	Семантический атрибут ЖЦ ОС
Сложный конструктивный объект	сКО	Множество атрибутов, описывающих этап ЖЦ ОС
Конструктивный процесс	К-процесс	Этап ЖЦ ОС
Средства К-процесса	СП	Внешние влияния и ограничения разной модельности
Порождающий процесс	ПП	Регламент (различного уровня)
Лицо, принимающее решение	ЛПР	Лицо, принимающее решение в ЖЦ ОС

**Выводы**

1. При доминировании генеральной цели содержания ПД ОС создании безопасной, здоровой и комфортной среды жизнедеятельности людей в окружающей среде ОС — ЛПР становятся основным семантическим атрибутом этапов ЖЦ ОС.
2. Структура ЖЦ ОС в составе этапов цикла содержит различные предметные области деятельности ЛПР.
3. Деятельность ЛПР всегда объектно-ориентирована и поддерживается соответствующими технологиями на этапах ЖЦ ОС. Технологии содержат онтологию предметных областей соответствующих этапов, цели и методы их достижения, представление различных материально-технических средств, состав специалистов, организацию деятельности, включая расчет энергозатрат.



4. Автоматизация и управление бизнес-процессами в ЖЦ ОС заключается в создании объектно-ориентированных автоматизированных технологий для каждого этапа ЖЦ ОС на основе общего информационного пространства (среды общих данных) и интегрированной информационной модели ОС, виртуально представляющих различные части ПД ОС. Трудности автоматизации и управления бизнес-процессами в ЖЦ ОС в данное время связаны с консерватизмом строительной отрасли и незначительным опытом внедрения указанных технологий.
5. Концептуальной и методологической основой автоматизации самой деятельности ЛПП в технологиях ЖЦ ОС является Конструктивное Направление, сформулированное как практическое приложение выводов теории алгоритмов Маркова. Сущность Конструктивного Направления заключается в утверждении (аксиоме), что любой искусственно созданный виртуальный или материальный объект (например ОС) всегда имеет реализующий его Конструктивный Процесс (К-процесс).
6. «Цифровизация» — как основа сбора и постоянного аккумуляции «больших данных», «искусственный интеллект» — как правила порождения КО, автоматизация бизнес-процессов — как практическое внедрение технологий К-процессов и порождения конкретных КО (например ОС), основаны на концепции Конструктивного Направления.
7. Опираясь на инвариантность Конструктивного Направления возможно предложить формальные модели построения технологий автоматизированных К-процессов для различных этапов ЖЦ ОС.
8. Дорогостоящие и трудоёмкие разработки и внедрение объектно-ориентированных автоматизированных технологий информационной поддержки этапов ЖЦ ОС должны быть направлены на создание нового технологического уклада и формирования условий безопасной, здоровой и комфортной жизни людей в виртуальной и природной средах.

Развитие вопросов формализации ЖЦ ОС при построении автоматизированных технологий различных этапов ЖЦ будут изложены в последующих статьях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев К.Ю. Информационные особенности жизненного цикла зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки. 2021. № 1, URL: <https://esj.today/PDF/13SAVN121.pdf> (дата обращения: 10.01.2022).
2. Лосев К.Ю. Методологические аспекты жизненного цикла зданий // Вестник Евразийской науки. 2019. № 6, URL: <https://esj.today/PDF/119SAVN619.pdf> (дата обращения: 10.01.2022).
3. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Модель информационной поддержки жизненного цикла строительных объектов для СС Экодом // Научный Вестник ВГАСУ. Серия: Строительство и архитектура, г. Воронеж. 2011.
4. Шумихин А.Г., Ваталева М.В., Попова А.В. Опыт разработки и внедрения системы информационной поддержки процессов производства сухих тампонажных смесей в НПФ «Монолит» на базе PDM-системы // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2016. № 2. URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-razrabotki-i-vnedreniya-sistemy-informatsionnoy-podderzhki-protseessov-proizvodstva-suhih-tamponazhnyh-smesey-v-npf-monolit-na-baze> (дата обращения: 10.01.2022).
5. Куликов Г.Г., Антонов В.В., Антонов Д.В., Шингарев Ф.Ф. Метод предметно-ориентированной классификации и системного моделирования слабоформализованных информационных потоков в системах автоматизации производства // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-predmetno-orientirovannoy-klassifikatsii-i-sistemnogo-modelirovaniya-slaboformalizovannyh-informatsionnyh-potokov-v-sistemah> (дата обращения: 10.01.2022).
  6. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю., Волков А.А. Информационная поддержка жизненного цикла объектов строительства // Вестник МГСУ. 2012. № 11, С. 253–258.
  7. Лосев К.Ю. Создание и внедрение технологии управления жизненным циклом объектов строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. 67–70.
  8. Лосев К.Ю. Подход к информационной поддержке среды общих проектных данных в жизненном цикле объекта капитального строительства // Вестник Евразийской науки. 2018. № 6. URL: <https://esj.today/PDF/94SAVN618.pdf> (дата обращения: 10.01.2022).
  9. Лосев К.Ю. Пропорции семантической информации на этапе проектирования в жизненном цикле объекта строительства // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Том 9, № 6, URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/182TVN617.pdf> (дата обращения: 10.01.2022).
  10. Лосев К.Ю. Состав данных для информационной поддержки строительного объекта в его жизненном цикле // Сборник материалов Международной научной конференции "Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании". г. Москва. Изд-во МГСУ. 2017. С. 441–444.
  11. Бородавка Ю., Печенов С. Управление жизненным циклом изделия в строительстве // ВЕЖПТ. 2010. № 3(48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-zhiznennym-tsiklom-izdeliya-v-stroitelstve> (дата обращения: 11.01.2022).
  12. Опарина Л.А. Развитие технологий моделирования жизненного цикла зданий // Жилищное строительство. 2011. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-tehnologiy-modelirovaniya-zhiznennogo-tsikla-zdaniy> (дата обращения: 11.01.2022).
  13. Тимичева Е.А. Обзор технологий моделирования жизненного цикла зданий // Проблемы Науки. 2013. № 3(17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-tehnologiy-modelirovaniya-zhiznennogo-tsikla-zdaniy> (дата обращения: 11.01.2022).
  14. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М., Никифоров А.Д. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ. Москва. Издательский центр "Академия". 2007. 304 с.
  15. Афанасьев А.С., Ващенко Ю.Л., Иванов К.М., Кондусова В.Б., Кондусов Д.В., Семизаров Д.Ю. Обеспечение контракта жизненного цикла изделия военного назначения. Старый Оскол. Изд. ТНТ. 2021. 368 с.

16. Целищев Е.С. Автоматизация проектирования технического обеспечения АСУ ТП. Изд. Инфа-Инженерия. 2019. 96 с.
17. Филиппов П.В., Шумаев М.Ю., Марченко А.В. Применение информационных технологий для управления жизненным циклом судов и морской техники // 2016. № 1(62). С. 32–35. URL: <http://rostransport.com/transportrf/download.php?src=/transportrf/pdf/62/1994-831X-2015-6-32-35.pdf> (дата обращения: 11.01.2022).
18. Баклашов В.И., Комаров В.А., Лахин О.И., Полончук Е.В., Скобелев П.О., Шпилевой В.Ф. Новая концепция создания интеллектуальных систем управления жизненным циклом на принципах сетцентрического управления, онтологий и мультиагентных технологий // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. № 1–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novaya-kontseptsiya-sozdaniya-intellektualnyh-sistem-upravleniya-zhiznennym-tsiklom-na-printsipah-setentsricheskogo-upravleniya> (дата обращения: 11.01.2022).
19. Прокопьев, С.В., Ульянов Р.С. Модель управления и автоматизации этапов жизненного цикла автоматизированных систем диспетчерского управления на основе PLM-систем // Молодой ученый. 2015. № 19(99). С. 165–168.
20. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю., Кононов Д.В., Медведев Е.Н., Ермаков В.В., Топорова О.С. Исследование подсистемы ИПИ МЖС СС «ЭКОДОМ» на реальном строительном объекте (СО) // Научно-технический отчет Госконтракта №П1457 «Технология информационной поддержки инновационной строительной системы», СТИ НИТУ «МИСиС», г. Москва. 2011.
21. Stark J. Product Lifecycle Management (Volume 1). Springer, Cham. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-28864-8.
22. Кузин Е.И., Кузин В.Е. Управление жизненным циклом сложных технических систем: история развития, современное состояние и внедрение на машиностроительном предприятии // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. № 1(49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-zhiznennym-tsiklom-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem-istoriya-razvitiya-sovremennoe-sostoyanie-i-vnedrenie-na> (дата обращения: 11.01.2022).
23. Петров Дмитрий Юрьевич Архитектура информационной системы управления жизненным циклом цифрового двойника для непрерывного производства // Известия СПбГТИ (ТУ). 2021. № 57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-informatsionnoy-sistemy-upravleniya-zhiznennym-tsiklom-tsifrovogo-dvoynika-dlya-neprepryvnogo-proizvodstva> (дата обращения: 12.01.2022).

24. Булавин В.Ф., Яхричев В.В., Глазков В.А. Plm-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли // Известия вузов. Машиностроение. 2018. № 8(701). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plm-strategiya-v-melkoseriynom-proizvodstve-mashinostroitelnoy-otrasli> (дата обращения: 12.01.2022).
25. Гришаков В.Г., Логинов И.В., Христенко Д.В. Управление модернизацией АСУ предприятием на основе информационной поддержки ее жизненного цикла // Информационно-управляющие системы. 2012. № 3(58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-modernizatsiey-asu-predpriyatiem-na-osnove-informatsionnoy-podderzhki-ee-zhiznennogo-tsikla> (дата обращения: 12.01.2022).
26. Гурьев А.Т., Деменков М.Е. Интеграция информационных процессов жизненного цикла изделий лесного машиностроения с использованием PLM-систем // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2003. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-informatsionnyh-protseessov-zhiznennogo-tsikla-izdeliy-lesnogo-mashinostroeniya-s-ispolzovaniem-plm-sistem> (дата обращения: 12.01.2022).
27. Дрозд О.В., Капулин Д.В. Формирование интегрированной информационной среды поддержки проектирования радиоэлектронной аппаратуры // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2019. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-integrirovannoy-informatsionnoy-sredy-podderzhki-proektirovaniya-radioelektronnoy-apparatury> (дата обращения: 12.01.2022).
28. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Строительные системы здорового дома // Современное строительство и архитектура. 2018. № 4(12) 18–22, URL: DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2018.12.1> (дата обращения: 12.01.2022).
29. Вязгина В.А. Математические методы автоматизированного проектирования Москва. Изд. В.Ш. 1989.
30. Марков А.А. Теория алгорифмов. // Труды математического института им. Стеклова, Т. 38, Москва. 1951.
31. Марков А.А. Теория алгорифмов. // Труды математического института им. Стеклова, Т. 42, Москва. 1954.

## Losev Konstantin Yur'evich

Moscow State University of Civil Engineering National Research University, Moscow, Russia  
E-mail: [c.lossev@gmail.com](mailto:c.lossev@gmail.com)

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=370360](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=370360)

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

## Losev Yuriy Grigor'evich

National University of Science and Technology Moscow Institute of Steel and Alloys  
Stary Oskol Technology Institute, Stary Oskol, Russia  
E-mail: [ylosev@bk.ru](mailto:ylosev@bk.ru)

# Towards the methodology of automation of buildings and structures life cycle

**Abstract.** Changes in the innovative development of the domestic construction industry associated with the transition to a new technological order lead to the conclusion that automation and management of the construction object life cycle business processes consist in the creation of object-oriented automated technologies for each stage of the cycle based on a common data environment and an consolidated building (structure) information models, virtually representing various parts of investment, design, as-built and operational documentation. The domain area of the article is buildings life cycle, where the object of research is the formalization of technologies for automating the construction objects life cycle. The processes of the life cycle stages are technologically different, and if the general purpose of the project documentation content is to create a safe, healthy and comfortable living environment for people, then the main semantic attribute of the life cycle stages is the activity of decision makers on the management of these processes. Their activities are always object-oriented and supported by appropriate technologies at all stages. The structure of stages in the life cycle of buildings and structures contains various domain areas of activity for these specialists. The article proposes the development of a methodology for constructing automated technologies for managing of the construction objects life cycle stages, based on the practical application of the Markov algorithms theory conclusions, formulated as a Constructive Direction. This Direction asserts that any virtual or material object always has a Constructive Process implementing it. "Digitalization" as the basis for "Big Data" collection and accumulation, "artificial intelligence" as the rules for generating constructive objects, business processes automation as the practical implementation of for Constructive Process technologies and particular construction objects generation, are based on the concept of Constructive Direction. It is proposed to formally represent any automated Constructive Process (K-process) as the structure of a generative grammar model. Based on the formulated conceptual and methodological approaches for the lifecycle stages, a schematic diagram for building of automated K-process technologies models is proposed. This will reduce risks and costs, increase the development efficiency of lifecycle automated technologies. The final conclusion of the study is an indication for creating a new technological order and generating conditions for a safe, healthy and comfortable life of people in virtual and natural environments while expensive and time-consuming object-oriented automated technologies of the life cycle stages support have been developing.

**Keywords:** building life cycle; innovation; methodology; decision-maker; information modeling technology; product information support technology; algorithm theory; constructive direction; constructive process; technology formalization; construction object; new technological order