

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

К. А. Прошунина, Т. В. Хоменко

Прошунина Ксения Алексеевна, член Союза архитекторов РФ, и. о. заведующей кафедрой архитектуры и градостроительства, доцент, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(960)855-51-30; e-mail: ksuprosh@mail.ru;

Хоменко Татьяна Владимировна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: t_v_khomenko_stud@mail.ru

Градостроительные системы являются сложными образованиями, характеризующиеся ресурсными мощностями и взаимосвязанными процессами. Для пролонгированной жизнеспособности градостроительной системы, отвечающей своевременному эволюционному развитию, необходимы взвешенные решения и ориентирующие алгоритмы на каждом этапе жизненного цикла системы. Жизненный цикл градостроительной системы многими исследователями раскрывается с разных подходов, тем не менее, отдельные составляющие многокомпонентной и полиориентированной градостроительной системы являются плохо изученными и требуют более детального рассмотрения. В статье анализируется современный взгляд на градостроительную систему с точки зрения жизненного цикла системы. Формируются представления о становлении стадийности цепи жизненного цикла и определяется место исследования в общей структуре жизненного цикла градостроительной системы.

Ключевые слова: *жизненный цикл, градостроительная система, потребление, ресурс, стадия.*

LIFE CYCLE OF URBAN PLANNING SYSTEM

К. А. Proshunina, T. V. Khomenko

Proshunina Kseniya Alekseyevna, Member of the Union of Architects of the Russian Federation, Acting Head of the Department of Architecture and Urban Planning, Associate Professor, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(960)855-51-30; e-mail: ksuprosh@mail.ru;

Khomenko Tatyana Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Automated Information Processing and Control Systems", Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: t_v_khomenko_stud@mail.ru

Urban planning systems are complex formations characterized by resource capacities and interrelated processes. Weighted decisions and orienting algorithms at each stage of the system life cycle are necessary for the prolonged viability of the urban planning system, which should be consistent with timely evolutionary development. The life cycle of the urban system is revealed by many researchers from different approaches. However, the individual components of a multi-component and multi-oriented urban planning system are poorly understood and require more detailed consideration. In the article, a modern view of the urban planning system is analyzed from the point of view of the system's life cycle. Ideas about the formation of the stages of the life cycle chain are being formed. The place of research is determined in the general structure of the life cycle of the urban planning system.

Keywords: *life cycle, urban planning system, consumption, resource, stage.*

Введение

Города являются результатом сочетания технических [1, 2], культурных [3], институциональных [4], экономических [5] и психологических систем [6]. Для эффективного обеспечения населения необходимым снабжением, в рамках концепции «ресурс-потребление», в городах требуется планомерное и грамотное ведение работ по всем областям, к примеру: взаимосвязь между городским населением и функциональными процессами, субъектом и объектом потребления [7], сбалансированное сотрудничество между населенными пунктами, нормирование и учет для обеспечения безопасности, здоровья и комфорта городского населения.

Согласно [7, 8] совокупность пространственно-организованных и взаимосвязанных материальных объектов: сооружений, инженерных устройств, технически освоенных территорий, формирующих среду общественной жизнедеятельности, является градостроительной системой.

В градостроительной системе функциональные процессы, определяемые общественной жизнью, предполагают взаимосвязанность с материально-пространственной организацией среды. При этом смена потребностей населения влияет на эволюцию градостроительной системы, как отображение всевозможных преобразований [9]. Ввиду технологических инноваций в настоящий период времени происходит очередная трансформация в градостроительной си-

стеме, появляются незапланированные - «спонтанные вмешательства» [10] в пространственную составляющую города, что влечет за собой дискомфорт для пребывания населения в городской среде. К таким «спонтанным вмешательствам» можно отнести деструктивные маркеры: загрязнение воды и атмосферы, различного рода отходы и т.п., влияющие на водообеспечение, энергообеспечение, потребность в транспортной обеспеченности и зоны пребывания, продуктообеспечении и утилизации отходов. Такого рода возникающие вмешательства, влияющие на потребление, являются проблемой городской среды, так как фактически представляют негативные показатели, нарушающие необходимые условия для пребывания населения, при обеспечении безопасности, здоровья и комфорта.

Для снижения негативной нагрузки в качестве решения данной проблемы вводятся ограничения, которые носят рекомендательный характер. В то же время существующие проблемы говорят о незавершенности задач организации градостроительной системы, что приводит к понижению качества жизни городского населения. Остаются вопросы в связи с увеличением потребительских запросов населения и негативных воздействий. Поэтому возможность измерений и повышения достоверности оценки комфортного пребывания человека в градостроительной системе является актуальной темой для исследований.

При этом возникает необходимость системного подхода для выявления стадий наиболее подверженных влиянию негативного воздействия, поэтому предлагается рассмотреть градостроительную систему с позиции ее жизненного цикла. Нахождение подверженной негативному воздействию стадии в системе жизненного цикла градостроительной системы позволит в дальнейшем определить возможности урегулирования процессов для снижения негативной нагрузки.

Объект исследования – жизненный цикл градостроительной системы.

Целью данного исследования является определение приоритетной стадии структуры жизненного цикла градостроительной системы для последующих исследований.

Задачи данной работы:

- изучить труды, посвященные жизненному циклу градостроительной системы;
- сформировать представление о структуре жизненного цикла градостроительной системы в результате воздействия основных движущих сил, преобразующих градостроительную систему;
- определить стадию исследования в общей структуре жизненного цикла градостроительной системы.

Материалы и методы

Решение поставленных задач по формированию структуры жизненного цикла осуществля-

лось с использованием методов систематического обзора источников исследования данной области. Изначально была проанализирована публикационная активность стран в области науки о принятии решений по тематической категории «Информационные системы и управление». Исследования опирались на данные открытого международного онлайн-ресурса для анализа результатов научной деятельности «Scimago Journal & Country Rank» [11].

При изучении более пятисот передовых публикаций в области принятия решений проанализированы труды по становлению жизненного цикла урбанизированных территорий и исследовательские решения, направленные на стадию, которой посвящено большое количество исследований.

Для уточнения приоритетной стадии жизненного цикла градостроительной системы выполнен анализ наполняемости компонентами и их взаимосвязями городской застройки в модели современной жизни «Ресурс – потребление».

Результаты

Среди стран, активно ведущих исследования в области науки о принятии решений по тематической категории «Информационные системы и управление», согласно данным открытого международного онлайн-ресурса для анализа результатов научной деятельности «Scimago Journal & Country Rank» за последние 25 лет сформировался рейтинг публикационной активности, первые пятнадцать лидирующих стран в данной области отображены на рисунке 1.

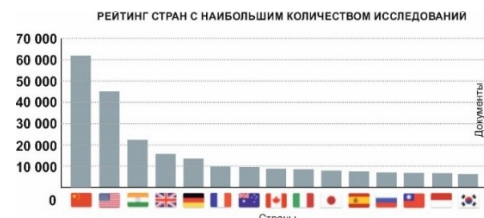


Рис. 1. Рейтинг стран с наибольшим количеством исследований в области науки о принятии решений по тематической категории «Информационные системы и управление»

Обзор научных трудов, исследуемой области показал, что отдельные исследователи [12, 13] посвящают исследования жизненному циклу информационной модели здания, другие [14] предлагают рассматривать жизненный цикл строительного сектора с учетом воздействия глобальных выбросов CO² в окружающую среду и утверждают, что, в жизненном цикле строительного сектора, воздействия возникают не только на одной стадии (т. е. стадии использования), но и на каждой стадии ее жизненного цикла, третьи [15] заявляют, что поддержание городских экосистемных услуг является ключом к устойчивости городских территорий, повышению устойчивости системы, обеспечению здоровья и благополучия населения, четвертые [6] рассматривают вопросы устойчивости городов и жизненного

цикла для отображения текущей ситуации и выявления пробелов для дальнейших исследований и т.п. Авторы поднимают и обозначают разноплановые вопросы, касающиеся проблемных ситуаций в городах, или сосредотачивают свои исследования на отдельных проблемах жизненного цикла города и его территорий. Однако, исследования, посвященные рассмотрению жизненного цикла, не ориентированы на рассмотрение градостроительной системы. Ввиду того, что градостроительная система является сложноорганизованной системой [18], предлагается впервые рассматривать градостроительную систему с позиции ее жизненного цикла.

Рассмотренные с различных подходов исследования являются компонентами жизненного цикла градостроительной системы и могут получить интерпретацию в стадийности структуры жизненного цикла градостроительной системы. Для построения цепочки жизненного цикла градостроительной системы изначально предложена условная стадийность, включающая стадии:

- 1) раннего развития;
- 2) промежуточного развития;
- 3) финальную.

Такая условность позволит предварительно определить процентное соотношение рассмотренных исследований по стадиям цепочки жизненного цикла градостроительной системы и сформировать приоритетную стадию по изучению академическим сообществом. В результате

исследований, опубликованных в данной области, общее количество работ определено как 100 %. Работы анализировались и распределялись по предварительной цепочке жизненного цикла градостроительной системы. Таким образом, на первую стадию приходится 20 % изученного материала, вторую – 47 %, третью – 33 %. Значения распределены по исследуемым стадиям и сведены к графику (рис. 2).

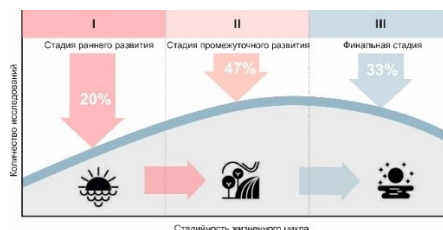


Рис. 2. Публикационная активность в контексте стадий жизненного цикла градостроительной системы

Полученные данные демонстрируют, что большая часть исследований сосредоточена на условной второй стадии жизненного цикла градостроительной системы – приоритетная стадия многих исследователей.

Для конкретизации областей наиболее представляющих интерес исследований, в рамках рассматриваемой современной модели «ресурс-потребление», выделены акцентные приоритеты потребления в условной второй стадии жизненного цикла градостроительной системы, данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Акцентные приоритеты

Наименование показателя	Источники информации						
	[6]	[12, 13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
Исследования в области зоны пребывания	+	-	-	+	-	+	+
Исследования системы в контексте водообеспечения	+	-	+	-	-	+	-
Исследования системы в контексте транспортной обеспеченности	+	-	+	-	-	-	-
Исследования системы в контексте энергообеспечения	+	-	+	-	-	+	+
Исследования системы в контексте продуктообеспечения	+	-	-	-	-	+	+
Исследования системы в утилизации	+	-	+	+	-	-	-
Исследования системы в контексте прогнозирования	-	+	+	-	+	+	-

Исследуя отдельные работы [6, 12–18], выявлено, что приоритет исследований направлен на область зоны пребывания, энергообеспечения и прогнозирования устойчивого развития городов. Исследования, посвященные информационной модели здания, захватывают единичные объекты градостроительной системы, но не целостной системы. Ограниченно говорится о транспортной обеспеченности, водообеспечении, продуктообеспечении и утилизации. При этом некоторые исследования ориентированы с позиции системного продукта, что ограничивает систему при альтернативных алгоритмах развития, вносящих неопределенность в перспективы развития жизненного цикла градостроительной системы.

Научные труды проанализированных источников, отнесенные к ранее указанным трем стадиям или их комбинациям, формирует ситуацию,

что отсутствует, по крайней мере, один из следующих аспектов:

- целостная точка зрения на развитие жизненного цикла градостроительной системы;
- отображение перспектив жизненного цикла градостроительной системы;
- методики не предоставляют возможности сравнения результатов оценок различных городов мира.

Структура жизненного цикла градостроительной системы, должна учитывать полученные аспекты в результате исследования, поэтому в отличии от условно принятой цепочки жизненного цикла градостроительной системы с тремя стадиями предлагается структура в контексте модели «Ресурс – потребление».

В предложенной структуре жизненного цикла градостроительной системы определены стадии (рис. 4):

I – исходных ресурсов: научные изыскания, проект, согласование проекта, подготовка пространственной территории;

II – наполнения градостроительной системы агентами и последующей эксплуатации: объекты капитального и некапитального строительства, элементы благоустройства, население, транспорт и пр. прогнозирование кризисной ситуации; применение антикризисных мер;

III – деградации системы: в которой образуется точка перелома в становлении жизненного цикла градостроительной системы, после которой система получает развитие по одной из альтернатив: контроль и мониторинг градостроительной системы, рециклинг ресурсов градостроительной системы или полная деградация системы.

Процессы деградации градостроительной системы в жизненном цикле являются началом завершения работы системы. При этом система на базе своевременно принятых мер по нормированию может избежать глобального кризиса градостроительной системы или осуществить перезапуск ресурсов для развития системы с изменением первоначальной функции. Данная логика формирует альтернативы разрешения посткризисной ситуации, которые включены в предлагаемую структуру жизненного цикла.

Определение приоритетной стадии структуры жизненного цикла градостроительной системы в контексте модели «Ресурс-потребление» задает конкретный вектор для развития *II* стадии наполнения градостроительной системы агентами и последующей эксплуатации.

В подтверждение данного утверждения проанализирован характер наполняемости градостроительной системы по хронологии исторического становления застройки в модели «Ресурс-потребление». Согласно работам исследователей [19–21] выполнена диаграмма хронологии развития городской застройки (рис. 3).

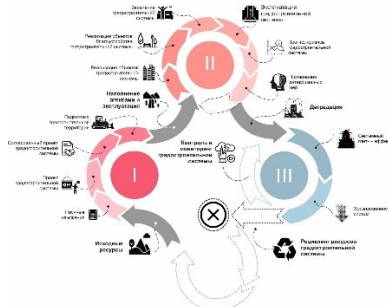


Рис. 3. Схема жизненного цикла градостроительной системы

Диаграмма демонстрирует, что значительно долгий период времени, до 1800 гг., жилищная застройка представляла строения до 10 м. В городах выделялись единичные здания храмовых сооружений высотой до 150 м. В результате массового перехода от ручного труда к машинному, произошедшего в ведущих государствах мира в XVIII–XIX вв., увеличился рост городской плотности населения, и

как следствие, произошло увеличение этажности застройки в городских кварталах. В XX веке численность населения городов значительно увеличивается, что обуславливает рост высотности городской застройки.

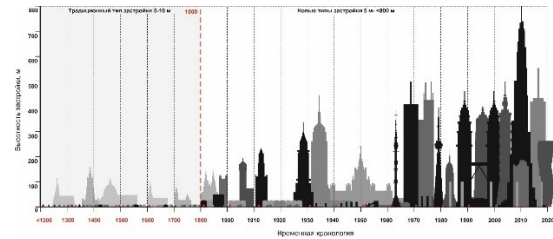


Рис. 4. Хронология развития городской застройки

Сравнивая жилой элемент высотой 10 м, традиционного типа застройки до 1800 гг. и объекты капитального строительства в начале 2000 гг., следует отметить, что для человека средним ростом в 1,75 м, изменения в визуальном считывании информации с окружающего пространства новой застройки значительны. Появляется дискомфорт при потреблении и усвоении информационного поля. Таким образом, в совокупности смена потребностей населения влияет на эволюцию градостроительной системы и тем самым усложняет нахождение человека в городской среде, создавая для него дискомфорт.

При этом городское население желает находиться в комфортных для него условиях и отказываться себе в своих потребностях, а именно: нахождения в конкретной зоне пребывания оно не намерено. Поэтому можно утверждать, что наряду с основными потребительскими ресурсами для человека, конкретная зона пребывания так же становится необходимостью. Такой потребительский подход поддерживается населением и побуждает город к новым преобразованиям, и не только при развитии строительного комплекса.

Рассматривая современную городскую жизнь с представления модели «Ресурс – потребление» можно выделить ключевые позиции (рис. 3):

- городское население выступает в роли потребителя городских благ;
- город выступает в роли механизма предоставления услуг и ресурсообеспечения;
- городская жизнь предоставляет возможность ведения функциональных процессов городского населения;
- современный город является продуктом искусственной среды и создан на основании норм регулирования для обеспечения безопасности, здоровья и комфорта городскому населению.



Рис. 3. Компоненты и взаимосвязи современной городской жизни

В соответствии с чем современная городская жизнь включает в себя компоненты наполнения, обуславливающие реализацию процессов для работы модели «Ресурс – потребление». Факт наполнения компонентами городской среды со-

ставляет основу формирования структуры жизненного цикла градостроительной системы, приведем сравнительный анализ наполняемости компонентами и их взаимосвязями на каждой стадии развития, данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Современная городская жизнь

N ст.	Городское население (G)			Потребительские городские ресурсы (P)						Функциональные процессы (F)			Нормирование и учет (N)		
	G1	G2	G3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	F1	F2	F3	N1	N2	N3
I	∅	∅	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	∅
II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
III	+	∅	∅	+	+	+	+	+	+	∅	∅	+	∅	∅	∅

В результате рассмотрения компонентов наполнения и их взаимосвязей градостроительной системы стадия II фиксирует наибольшую наполняемость в модели «Ресурс -потребление», что позволяет заключить необходимость ее более детального исследования.

Ранее при обзоре исследовательских работ большая часть их была посвящена, условно определенной для данной работы стадии промежуточного развития, что также подтверждает актуальность выбора приоритетной стадии для дальнейшего изучения структуры жизненного цикла градостроительной системы.

Обсуждение

Долгое время в развитии жизненного цикла градостроительной системы при организации среднего пространства внимание уделялось объективному проектированию для обеспечения жилыми площадями и функциональной связанной организацией пространств по принципу: «Форма следует за функцией» [22]. Функциональность позволяет создавать взаимосвязи между назначениями объектов градостроительного проектирования, но, к сожалению, не отвечает современным потребностям населения. Относительно идеологии, направленной на исключительное соответствие функции, увеличение пространственных изменений градостроительной системы создало некомфортное нахождение городского населения в городской среде.

При этом градостроительная система должна быть ориентирована в первую очередь на человека, как основной единицы для градообразования, и поэтому существующих исследований в жизненном цикле градостроительной системы недостаточно для ее охвата. Человек находится и осуществляет функциональную деятельность в искусственной среде постоянно, которая регулярно претерпевает изменения. При этом исследования, направленные на безопасность, здоровье и комфорт городского населения в новых реалиях малочисленны. Множественные исследования характеризуют разноаспектные составляющие циклы градостроительной системы, но они не достаточны для современного отображения модели «Ресурс -потребление» и дальнейшего развития градостроительной системы по данной идеологии. К примеру, аспект, рассматривающий

зону пребывания человека, соотносится с нахождением и жизнедеятельностью человека в среде, т. е. насколько среда располагает к комфортному пребыванию в ней. Данный аспект должен быть изучен и оценен для формирования комфортной среды и благополучия человека в искусственно созданной градостроительной системе при учете обеспечения современных потребностей.

Новые исследования должны охватывать системные пробелы, такие как разработка математических моделей и алгоритмов, необходимые для повышения достоверности оценки сложных градостроительных систем, проведение всесторонних исследований *стадии II наполнения градостроительной системы агентами и последующей эксплуатации* жизненного цикла градостроительной системы с использованием количественных методов на основе мультииндикаторов [23], ориентированных на получение социального эффекта для обеспечения безопасности, здоровья и комфорта городскому населению.

Заключение

Жизненный цикл градостроительной системы рассмотрен как структурная основа [24] с конкретизацией стадии, необходимой для более детального исследования в градостроительном развитии территории. Предлагаемая структура жизненного цикла градостроительной системы позволяет целостно исследовать взаимозависимости процессов в градостроительном развитии территорий [25].

В результате работы была достигнута главная цель по определению приоритетной стадии исследования в структуре жизненного цикла градостроительной системы, представляющей исследования, направленные на социальный эффект в современной городской среде, ориентированный на потребление.

В настоящее время активно ведутся исследования в области оценки количественных негативных показателей, влияющих на комфорт, здоровье и безопасность городского населения.

Предполагаемые итоговые количественные результаты, могут сформировать эталонные стандарты для развития градостроительных территорий, регламентирующие переход от количественной оценки к качественным показате-

лям. Дальнейшие исследования будут заключаться в создании различных сценариев, основанных на мнениях экспертов, заинтересованных сторон и местных сообществ о том, каким должно быть развитие градостроительных тер-

риторий. Ожидаемый итог посредством исследований в градостроительных системах окажет поддержку принятия решений в управленческих структурах градостроительных систем планирования и ведения архитектурной политики в виде регламентации мер по стандартизации.

Список литературы

1. Currie K. P., Musango J. K., May N. D. Urban metabolism: A review with reference to Cape Town Cities. Volume 70, October 2017, Pages 91-110 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275116308976?via%3Dihub>.
2. M. Riesenera, Rebentisch E., C. Döllea, S. Schloessera, M. Kuhna, J. Radermachera, G. Schuha. A model for dependency-oriented prototyping in the agile development of complex technical systems. *Procedia CIRP*. Volume 84, 2019, Pages 1023-1028. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119308406>.
3. Fischer M. D., Read D. Lyon S. M. Introduction: Cultural Systems. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 36: 719-734 Copyright Q 2005 Taylor & Francis Inc.
4. Institutional system. URL: <https://www.igi-global.com/dictionary/bumerang/14811>.
5. Economic system. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/economic-system/>.
6. Petit-Boix A., Llorach-Massana P., Sanjuan-Delmás D., Sierra-Pérez J., Vinyes E., Gabarrell X. Application of life cycle thinking towards sustainable cities: A review. *Journal of Cleaner Production*. Volume 166, 10 November 2017, Pages 939-951 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617317468#fig1>.
7. Westin A. L., Kalmykova Y., Rosado L., Oliveira F., Laurenti R., Rydberg T. Combining material flow analysis with life cycle assessment to identify environmental hotspots of urban consumption. *Journal of Cleaner Production*. Volume 226, 2019, Pages 526-539 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619311060?pes=vor>.
8. Яргина З.Н. Градостроительный анализ. - М.: Стройиздат, 1984.-245 с., ил.
9. Walzberga J., Dandresa T., Merveilleb N., Cherieta M., Samson R. Assessing behavioural change with agent-based life cycle assessment: Application to smart homes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 111, 2019, Pages 365-376 URL: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S136403211930351X?token=EACD3E021CCF45F3BC1B941F22C118AEFF02CF00719CF4CEA45B96D003587312B9C8C9A1FD4334F8B570EB62610A52B2&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220317122541>.
10. Chelleri L., Kua H.W., Rodriguez J.P. Sanchez, Nahiduzzaman K.M., Thondhlana G. Are people responsive to a more sustainable, decentralized, and user-driven management of urban metabolism? *Sustainability*, 8 (2016), p. 275.
11. Открытый международный онлайн-ресурс для анализа результатов научной деятельности «Scimago Journal & Country Rank» URL: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
12. Emara M.S. Toward a suggested proposed model for the use of building information modeling (BIM) in the implementation phase for landscaping Ain Shams Engineering Journal. Volume 13, Issue 2, March 2022 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921003178>.
13. Sipes J.L. LATIS Integrating BIM Technology into Landscape Architecture Copyright (c) 2008, 2014 URL: <https://pdfcoffee.com/integrating-bim-technology-into-landscape-architecture-pdf-free.html>.
14. Albertí J., Balaguera A., Brodhag C., Fullana-i-Palmer P. Towards life cycle sustainability assessment of cities. A review of background knowledge. *Science of the Total Environment* 609. 2017. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717318843>.
15. Peponi A. Morgado P., Kumbl P. Life cycle thinking and machine learning for urban metabolism assessment and prediction. *Sustainable Cities and Society*. Volume 80, May 2022. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067022000853#fig000>.
16. Soust-Verdaguer B., Bernardino Galeana I., Llatas C., Montes M.V., Hoxha E., Passer A. How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method. *Journal of Building Engineering*. Volume 45, January, 2022. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221013747>.
17. Albertí J., Brodhag C., Fullana-i-Palmer P. First steps in life cycle assessments of cities with a sustainability perspective: A proposal for goal, function, functional unit, and reference flow. *Science of The Total Environment*. Volume 646, 2019, Pages 1516-1527 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718328730>.
18. Ulgiati S., Zucaro A. Challenges in Urban Metabolism: Sustainability and Well-Being in Cities. *Front. Sustain. Cities*, 2019 URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2019.00001/full#B3>.
19. Marshall Gerometin. Council of Tall Buildings and Urban Habitat, Height: The History of Measuring Tall Buildings. Dec. 2009. url: <http://www.ctbuh.org/AboutCTBUH/History/MeasuringTall/tabid/1320/language/en-US/Default.aspx> (visited on 02/23/2016).
20. Форрестер Дж. Мировая динамика. М.: Наука, 1978. С. 149-165.
21. Аракелян Р.Г. Выявление требований к гуманной жилой среде // Аракелян Р.Г. // Электронный журнал «Архитектура и современные архитектурные технологии (AMIT)». -2011, - №2(15) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2011/2kvart11/arakelyan/abstract.php/>.
22. Ventury R. Complexity and contradiction in architecture. URL: <https://vikent.ru/enc/1336/>.
23. Norton L.R., Inwood H., Crowe A., Baker A. Trialling a method to quantify the 'cultural services' of the English landscape using Countryside Survey data. *Land Use Policy*, 29 (2) (2012), pp. 449-455 URL: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0264837711000950?token=C59FD1070A25C197F27993F919FB7CF116F57FA7234FF5238406A7F620DDBBB760618BDF568D7195F970A8A9158B9216&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220317131647>.
24. Tuhkanen H., Cinderby S., Bruin A., Wikman A., Adelina C., Archer D., Muhoza C. Health and wellbeing in cities – Cultural contributions from urban form in the Global South context. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666558121000427#fig0001>.
25. Князева Н. В. Использование эволюционных алгоритмов для автоматизации рутинных задач перебора вариантов проектных решений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 73-77.

© К. А. Прошунина, Т. В. Хоменко

Ссылка для цитирования:

Прошунина К. А., Хоменко Т. В. Жизненный цикл градостроительной системы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 88-93.