

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-72-78

<sup>1</sup>\*Опарина Л.А., <sup>2</sup>Власова Е.А.<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет<sup>2</sup>ООО «А-Симетри»

\*E-mail: L.A.Oparina@gmail.com

## МЕТОДИКА ВЫБОРА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ЭТАПЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные аспекты ресурсо- и энергосбережения на этапе завершения жизненного цикла зданий. Показано, что этап завершения жизненного цикла является крайне важным для зданий и других объектов капитального строительства и требующей системного подхода к выбору организационно-технологических решений по ликвидации или строительному переустройству здания. Уточнено понятие завершающего этапа жизненного цикла зданий. Показана важность принятия ресурсосберегающих организационно-технических решений, принимаемых на этапе завершения жизненного цикла зданий. Разработаны показатели для принятия соответствующих организационно-технических решений. Представлена методика выбора организационно-технологических решений на этапе завершения жизненного цикла зданий с учётом ресурсосбережения. Методика включает несколько этапов, итогом прохождения которых является звёздчатая инфографическая модель значений организационно-технологических решений, которая создаётся на этапе завершения жизненного цикла зданий. Методика учитывает показатели ресурсо- и энергозатрат на реализацию различных вариантов организационно-технологических решений. Предложены расчётные формулы для использования в инфографической модели: материалоемкость, затраты труда рабочих, затраты финансов, затраты труда строительных машин и механизмов, энергоёмкость строительного переустройства. Предложенная модель служит для оценки и выбора вариантов целесообразности реорганизации зданий на этапе завершения их жизненного цикла с учётом ресурсо- и энергосбережения.

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, энергосбережение, жизненный цикл здания, строительство, демонтаж, звёздчатая инфографическая модель.

**Введение.** Строительство – материалоемкая отрасль народного хозяйства. На обеспечение жизненного цикла строительных объектов расходуется колоссальное количество ресурсов (более 30 % всей продукции сферы материального производства): от добычи полезных ископаемых на производство строительных материалов, изделий и конструкций на строительство и эксплуатацию зданий (производство ремонтно-строительных работ), затрат энергетических ресурсов на обеспечение процессов эксплуатации зданий до затрат ресурсов на ликвидацию зданий и утилизацию и рециклинг строительных материалов [1, 2]. Вопросы ресурсо- и энергосбережения на всех стадиях жизненного цикла зданий и сооружений являются предметом исследований многих как отечественных, так и зарубежных учёных. Анализ работ в этой области показал, что ресурсо- и энергосбережение в строительстве осуществляется по следующим направлениям: выбор объёмно-планировочных решений с учётом коэффициента компактности, инсоляции, формы, ориентации по сторонам света; выбор энергосберегающих и экологических материалов, конструкций и изделий с учётом количества будущих замен во время эксплуатации; использование промышлен-

ных отходов и рециклинг материалов после демонтажа зданий; применение местных строительных материалов; планирование всех видов строительных ресурсов с учётом ресурсосбережения (материальных, информационных, энергетических, трудовых и финансовых) и другие [3–5]. Самым длительным и энергозатратным этапом жизненного цикла зданий является этап эксплуатации, особенно его завершающая стадия, когда накоплен и физический, и моральный износ и стоит вопрос о дальнейшем эффективном использовании здания – проведения капитального ремонта, реконструкции, восстановления или демонтажа. Управление жизненным циклом на данном этапе особенно актуально, так как значительная часть ресурсов уже потрачена, необходимо делать разумный выбор между продлением жизни существующего здания или строительством нового. В связи с этим предлагается определять завершающий этап жизненного цикла зданий как временной интервал, на котором интеграция физического износа, функционального устаревания, снижающейся эффективности эксплуатации обуславливает необходимость принятия организационно-технологических решений по целесообразности сноса или строительного

переустройства зданий с учётом показателей ресурсо- и энергоэффективности.

С точки зрения системного подхода, управление ресурсосбережением является частью системы управления всем жизненным циклом объектов капитального строительства. На основе анализа ряда исследований можно утверждать, что управление жизненным циклом объектов капитального строительства (и зданий в том числе) как сложной системой представляет собой целенаправленное упорядоченное взаимодействие элементов, которые взаимосвязаны между собой (подсистем объектов капитального строительства) и внешней среды для достижения цели [6–8]. Целей может быть несколько в зависимости от субъекта управления и функционального назначения объектов капитального строительства, однако в целом можно утверждать, что современный подход к управлению жизненными циклами объектов капитального строительства отвечает целям устойчивого развития – когда при осуществлении градостроительной деятельности обеспечиваются безопасность и благоприятные условия жизнедеятельности человека, ограничивается негативное антропогенное воздействие на окружающую среду и обеспечиваются охрана и рациональное использование природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений [9].

**Материалы и методы.** Основными методами, используемыми при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства (и зданий в том числе) с позиций ресурсо- и энергосбережения, являются системный подход, методы моделирования (имитационного, экономико-математического, IDEF0), методы построения инфографических моделей, методы анализа стоимости жизненного цикла, динамические методы и другие [10–14]. Большинство исследователей подходят к зданиям как строительным системам. Проходя как система траекторию движения в течение жизненного цикла, на неё воздействуют факторы внешней среды и внутренне (физико-механические процессы), при этом постоянно изменяются параметры объекта, эксплуатационные характеристики, а также экономическая эффективность от его использования. Чем дольше длится этап эксплуатации здания, тем выше его физический износ, и в определённый момент времени (50–60 % износа) наступает завершающий этап – когда затраты на ликвидацию могут превысить стоимость самого здания. На рисунке 1 схематично представлен жизненный цикл объектов капитального строительства с перечнем организационно-технических решений (ОТР) по его дальнейшему функционированию, принимаемые на его завершающем этапе.

Предварительный этап	Предстроительный этап	Этап строительства	Этап эксплуатации	Этап демонтажа и утилизации
<ul style="list-style-type: none"> <li>– инженерные изыскания;</li> <li>– выбор земельного участка;</li> <li>– общественные слушания;</li> <li>– экологическая экспертиза</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– архитектурно – строительное проектирование;</li> <li>– организационно-технологическое проектирование</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение строительно-монтажных работ;</li> <li>– проведение пуско-наладочных работ;</li> <li>– ввод объекта в эксплуатацию</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– техническое обслуживание;</li> <li>– текущие ремонты;</li> <li>– капитальные ремонты</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Завершающий этап жизненного цикла</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– реставрация;</li> <li>– реконструкция</li> <li>– реверсация;</li> <li>– реновация;</li> <li>– санация;</li> <li>– рекомпозиция</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>– демонтаж;</li> <li>– ликвидация;</li> <li>– утилизация или рециклинг строительных материалов, изделий и конструкций</li> </ul>

Рис. 1. Этапы жизненного цикла объектов капитального строительства

Таким образом, принятие ОТР с учётом ресурсосбережения становится непростой задачей. Одним из эффективных методов выбора разноаспектных решений является построение инфографических моделей в виде звезды, оси которой представляют собой количественные характеристики параметров моделируемого объекта (в данном случае, это показатели ресурсо- и энергосбережения). При этом оцениваемые разноплановые показатели принимают категории, стремящиеся к нулю или к максимуму. Таким образом возможно построить некоторую область значений, представляющую собой многоугольник. Так как значений параметров множество, то построение

многоугольника позволит их объединить в один интегральный показатель и оценить таким образом, многопараметрическую систему. Построенный по рассчитанным параметрам многоугольник представляет собой интегральную оценку фактических значений (заштрихованный многоугольник Sf). Таких многоугольников может быть неограниченное количество, по набору рассматриваемых вариантов. Построенные таким образом многоугольники сравниваются с некоторым эталонным многоугольником, который является теоретическим и содержит «идеальные» или эталонные значения параметров. Окончательный

выбор осуществляется на основе многоугольника, максимально приближенного к эталонному ( $S_э$ ).

Общий вид звёздчатой инфографической модели представлен на рис. 2.

Исходными допущениями построения звёздчатой инфографической модели выбора ОТР по параметрам ресурс- и энергосбережения на этапе завершения жизненного цикла зданий является

то, что рассматриваются несколько его вариантов: реставрация, строительное переустройство (реконструкция; реверсация; реновация; санация; рекомпозиция), демонтаж. Выбор осуществляется в пользу варианта, при котором достигается экономия материальных, технических, трудовых, финансовых и энергетических ресурсов, определяемых по формулам, представленным на рис. 3.

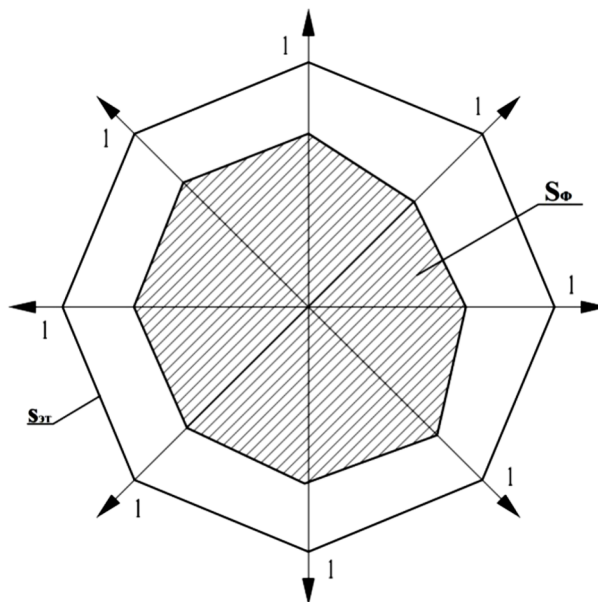


Рис. 2. Инфографическая модель оценки многопараметрической системы [15]

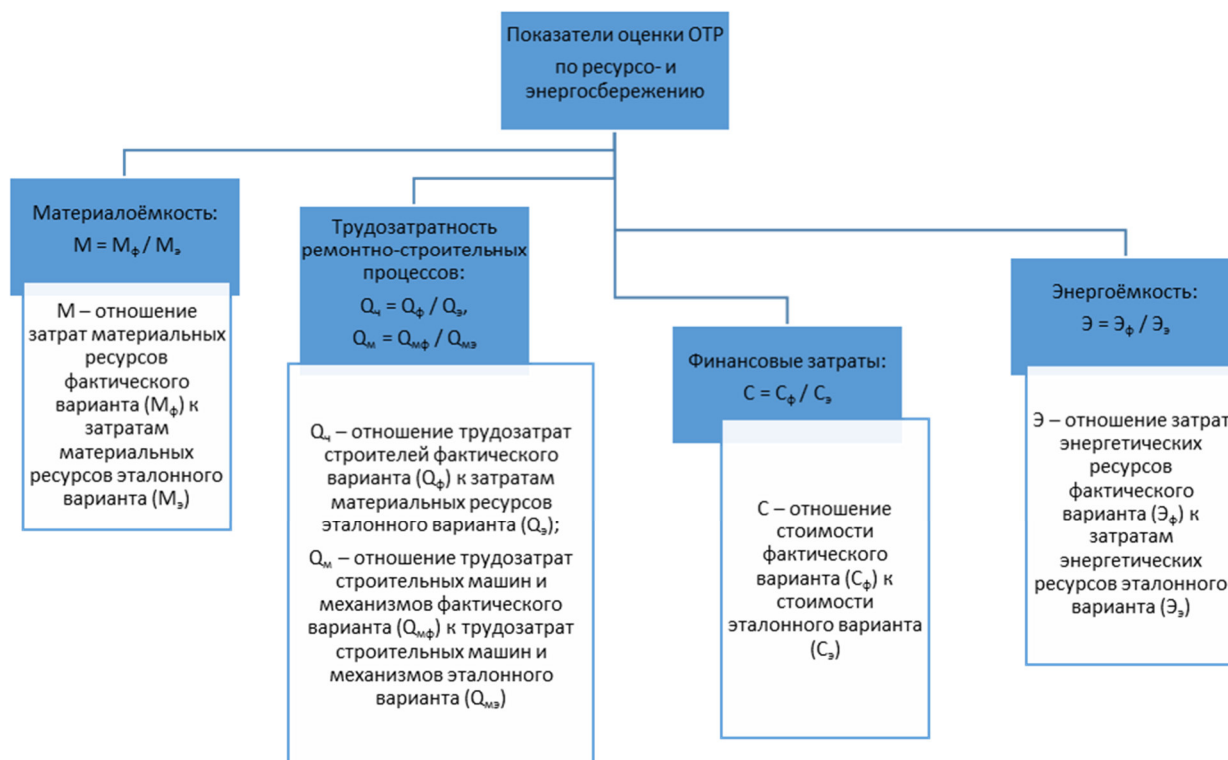


Рис. 3. Параметры и формулы звёздчатой инфографической модели

**Основная часть.** Для корректной работы модели вначале нужно определить параметры

оценки затрат каждого вида ресурсов, затем определить, какие из них имеют центробежную

тенденцию (стремятся к нулю), а какие центростремительную тенденцию (стремятся к своим максимальным значениям). При этом у параметров, имеющих центростремительную тенденцию, показатели ОТР будут больше единицы. Для того, чтобы определить значения эталонных показателей, необходимо накопить банк данных о затратах ресурсов при различных видах строительного переустройства, реконструкции, демонтажа с последующей утилизацией. При этом могут быть использованы технологии «Big Data».

После оценки затрат ресурсов и расчёта показателей значений ресурсо- и энергоёмкости, по описанной выше методике, строится звёздчатая инфографическая модель (или набор моделей) путём соотношения затрат ресурсов по одному из вариантов ( $S_{\Phi}$ ) с теоретическими (эталонными) значениями ( $S_{\text{эт}}$ ). Пример модели, построенной по одному из вариантов, представлен на рис. 4.

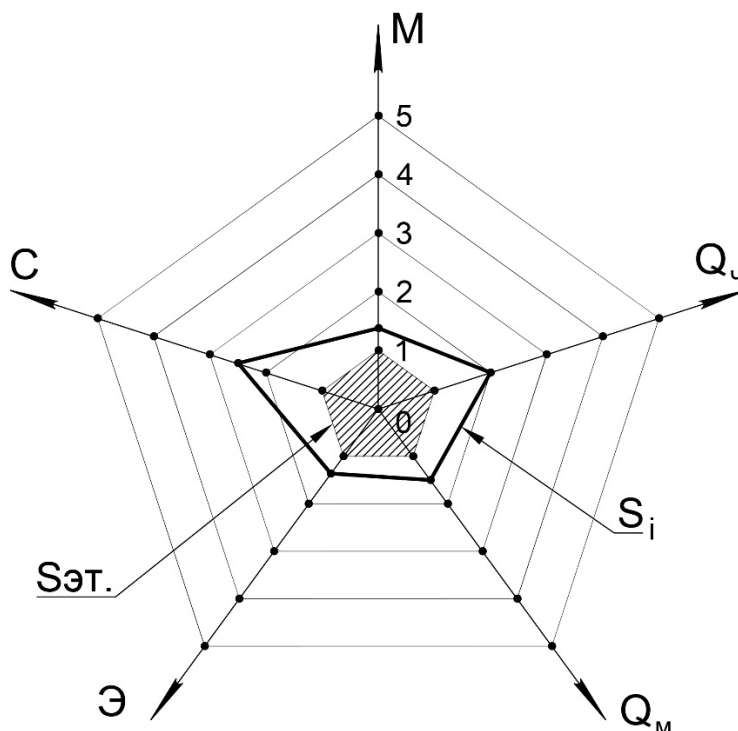


Рис. 4. Звёздчатая инфографическая модель для выбора варианта ОТР с учётом ресурсо- и энергосбережения (пример)

Таким образом, в общем виде предлагаемая методика выбора ОТР с учётом ресурсо- и энергосбережения на этапе завершения жизненного цикла объектов капитального строительства (в том числе зданий) состоит из следующей последовательности действий:

1. Заказчик (собственник здания, девелопер) определяет уровень физического, экономического и морального износа здания, находящегося на завершающем этапе своего жизненного цикла путём инструментального и визуального обследования, оценки стоимости затрат и экономической прибыли от дальнейшего использования в существующем виде, изучает функциональные характеристики здания и необходимость их восстановления и улучшения.

2. Заказчик составляет план производства работ по каждому из возможных вариантов: капитальный ремонт, реконструкцию, реставрацию, демонтаж.

3. В случае принятия решения по демонтажу здания разрабатывается Проект организации работ по сносу или демонтажу с программой по утилизации и рециклингу строительных материалов. При этом применяется дополненная модель взаимодействия базового цикла реорганизации, жизненного цикла здания и цикла его строительного переустройства.

4. В случае принятия решения по строительному переустройству и определения его вида по заданию заказчика архитектором разрабатываются несколько вариантов объёмно-планировочных решений по строительному переустройству здания. При этом используется методика расчёта коэффициента компактности и индекса комплексной технологичности.

5. По каждому из вариантов оцениваются затраты ресурсов (материальных, трудовых, энергетических) и составляются сметные расчеты. По

предложенным формулам (рис. 4) производится расчёт показателей.

6. По каждому из оцениваемых вариантов строятся звёздчатые инфографические модели и выбирается один из вариантов, по которому значения ресурсо- и энергосбережения попадают в рациональный коридор значений.

**Выводы.** На основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что этап завершения жизненного цикла зданий и других объектов капитального строительства является крайне важным и требующим системного подхода к выбору ОТР по ликвидации или строительному переустройству здания. В настоящее время существует много инновационных видов строительного переустройства зданий, связанных не только с физическим износом, но и с потерей функциональных характеристик и снижением экономической эффективности использования здания. На основе описанной методики возможно построение звёздчатых инфографических моделей по различным вариантам изменения объектов с учётом показателей ресурсосбережения. Авторами предложена усовершенствованная звёздчатая инфографическая модель, содержащая показатели экономии ресурсов по различным вариантам ОТР (строительных материалов, трудовых ресурсов, энергетических ресурсов, стоимостных ресурсов). Для повышения скорости, достоверности и эффективности предлагаемой методики целесообразно использовать технологии «Big Data». Методика может применяться в деятельности различных организаций строительного профиля, служб заказчика, государственных структур, собственников зданий при определении целесообразности принятия ОТР по продлению или завершению жизненного цикла находящихся в собственности зданий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Опарина Л.А., Власова Е.А. Аннотация к магистерской работе «Совершенствование методики выбора ресурсосберегающих организационно-технологических решений на стадии завершения жизненного цикла зданий». <http://www.scienceforum.ru/2015/1208/13171> (Дата обращения 03.07.2024).

2. Опарина Л.А., Власова Е.А. Энерго- и ресурсосбережение в строительной науке – анализ понятийного аппарата // Информационная среда вуза (XXI Международная научно-практическая конференция): Сборник статей. Иваново: ИВГПУ, 2014. С. 147–150.

3. Суворова М.О., Наумов А.Е., Строкова В.В. Совершенствование системы управления жизненным циклом комплексной застройки территорий с позиции низкоуглеродного развития //

Строительство и архитектура. 2023. Т. 11. №2. С. 3.

4. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей // Университетская наука. 2023. №2(16). С. 65–67.

5. Голубцов Н.В., Ефремов Л.Г., Исмятуллин Р.Г. Энергетическая эффективность зданий и сооружений в аспекте управления их жизненным циклом // Вестник Чувашского университета. 2013. № 11. С. 247–255.

6. Горбанева Е.П., Косовцева И.А., Кстенин Т.В. Оптимизация экономических результатов внедрения энергосберегающих мероприятий в течение полного жизненного цикла объекта капитального строительства // Real Estate: Economics, Management. 2023. № 4. С. 45–49.

7. Сулейманова Л.А., Обайди А.А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 3. С. 38–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-3-38-46

8. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 240–245.

9. Табунщиков Ю.А. Основы формирования экологически устойчивой среды обитания человека // Энергосбережение. 2023. № 3. С. 1-13.

10. Marszal A.J., Heiselberg P., Bourrelle J.S., Musall E., Voss K., Sartori I., Napolitano A. Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies // Energy and Buildings. 2011. Vol. 43. Pp. 971–979.

11. Eleftheriadis S., Mumovic D., Greening P. Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 67. Pp. 811–825. DOI: 10.1016/j.rser.2016.09.028.

12. Yükses I., Tikansak T. Energy-Efficient Building Design in the Context of Building Life Cycle // Energy Efficient Buildings. 2017. Vol. 1. Pp. 93–123. DOI: 10.5772/66670.

13. Firdaus M., Zublie M., Hasanuzzaman Md., Rahim N. Energy-Saving and Sustainable Building Systems // Sustainability. 2022. 14(3). 1316. DOI: 10.3390/su14031316.

14. Jun H., Chen Y. Energy Saving Research in Building Life Cycle // Applied Mechanics and Materials. 2011. Vol. 71–78. Pp. 3297–3302. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.71-78.3297.

15. Газарян Р.К. Организационное моделирование строительного переустройства предприятий строительной индустрии: автореф. ...канд.

техн. наук: 05.02.22 / Газарян Роберт Камоевич. М.: 2013. 23 с.

*Информация об авторах*

**Опарина Людмила Анатольевна**, доктор технических наук, заведующий кафедрой организации производства и городского хозяйства. E-mail: l.a.oparina@gmail.com. Ивановский государственный политехнический университет. Россия, 153000, Иваново, Шереметевский пр-кт, д. 21.

**Власова Екатерина Анатольевна**, главный инженер проектов. E-mail: vkatru@mail.ru. ООО «А-Симетри». Россия, 153000, Иваново, улица Ташкентская, д. 10.

Поступила 03.07.2024 г.

© Опарина Л.А., Власова Е.А., 2024

<sup>1</sup>\**Oparina L.A.*, <sup>2</sup>*Vlasova E.A.*  
<sup>1</sup>*Ivanovo State Polytechnic University*  
<sup>2</sup>*LLC «A-Simetri»*  
 \*E-mail: *L.A.Oparina@gmail.com*

## THE METHODOLOGY OF CHOOSING RESOURCE-SAVING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AT THE STAGE OF COMPLETION OF THE LIFE CYCLE OF BUILDINGS

**Abstract.** *The article discusses the main aspects of resource and energy conservation at the stage of completion of the life cycle of buildings. It is shown that the stage of completion of the life cycle is extremely important for buildings and other capital construction projects and requires a systematic approach to the choice of organizational and technological solutions for the liquidation or reconstruction of the building. The concept of the final stage of the life cycle of buildings has been clarified. The importance of making resource-saving organizational and technical decisions taken at the stage of completion of the life cycle of buildings is shown. Indicators have been developed for making appropriate organizational and technical decisions. The methodology of choosing organizational and technological solutions at the stage of completion of the life cycle of buildings, taking into account resource conservation, is presented. The methodology includes several stages, the results of which are a star-shaped infographic model of the values of organizational and technological solutions, which is created at the stage of completion of the life cycle of buildings. The methodology takes into account the indicators of resource and energy consumption for the implementation of various organizational and technological solutions. Calculation formulas for use in the infographic model are proposed: material consumption, labor costs of workers, financial costs labor costs of construction machines and mechanisms energy intensity of construction reconstruction. The proposed model is used to evaluate and select options for the feasibility of reorganizing buildings at the end of their life cycle, taking into account resource and energy conservation.*

**Keywords:** *resource conservation, energy conservation, building life cycle, construction, dismantling, star infographic model.*

### REFERENCES

1. Oparina L.A., Vlasova E.A. Abstract to the master's thesis «Improving the methodology for selecting resource-saving organizational and technological solutions at the stage of completing the life cycle of buildings» [Sovershenstvovaniye metodiki vybora resursosberegayushchikh organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy na stadii zaversheniya zhiznennogo tsikla zdaniy]. <http://www.scienceforum.ru/2015/1208/13171> (Date of access 07/03/2024). (rus)

2. Oparina L.A., Vlasova E.A. Energy and resource saving in construction science - analysis of the conceptual apparatus [Energо- i resursosberezheniye

v stroitel'noy nauke – analiz ponyatiynogo apparata]. Information environment of the university (XXI International Scientific and Practical Conference): Collection of articles. Ivanovo: IVGPU, 2014. Pp. 147–150. (rus)

3. Suvorova M.O., Naumov A.E., Strokova V.V. Improving the life cycle management system for integrated development of territories from the perspective of low-carbon development [Sovershenstvovaniye sistemy upravleniya zhiznennym tsiklom kompleksnoy zastroyki territoriy s pozitsii nizkouglerodnogo razvitiya]. Construction and architecture. 2023. T. 11. No. 2. P. 3. (rus)

4. Suleymanova L.A., Obaidi A.A.Kh. Forecasting the energy consumption of a building based

on neural networks [Prognozirovaniye energopotrebleniya zdaniya na osnove neyronnykh setey]. University Science. 2023. No. 2 (16). Pp. 65–67. (rus)

5. Golubtsov N.V., Efremov L.G., Ismyatullin R.G. Energy efficiency of buildings and structures in the aspect of managing their life cycle [Energeticheskaya effektivnost' zdaniy i sooruzheniy v aspekte upravleniya ikh zhiznennym tsiklom]. Bulletin of the Chuvash University. 2013. No. 11. Pp. 247–255. (rus)

6. Gorbaneva E.P., Kosovtseva I.A., Kstenin T.V. Optimization of economic results of implementing energy-saving measures during the full life cycle of a capital construction project [Optimizatsiya ekonomicheskikh rezul'tatov vnedreniya energosberegayushchikh meropriyatiy v techeniye polnogo zhiznennogo tsikla ob"yektov kapital'nogo stroitel'stva]. Real Estate: Economics, Management. 2023. No. 4. Pp. 45–49. (rus)

7. Suleymanova L.A., Obaidi A.A. Managing the life cycle of a building during the operational phase using artificial neural network models and machine learning [Upravleniye zhiznennym tsiklom zdaniya na etape ekspluatatsii s ispol'zovaniyem modeley iskusstvennykh neyronnykh setey i mashinnogo obucheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 3. Pp. 38–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-3-38-46 (rus)

8. Suleymanova L.A., Ryabchevsky I.S. Cloud data storage systems for life cycle management of construction objects [Sistemy oblachnogo khraneniya dannykh dlya upravleniya zhiznennym tsiklom ob"yektov stroitel'stva]. In the collection: Science and innovation in construction. Collection of reports of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 170th anniversary of V.G. Shukhova. Belgorod, 2023. Pp. 240–245. (rus)

#### *Information about the authors*

**Oparina, Lyudmila A.** PhD. Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Production Organization and Urban Economy. E-mail: l.a.oparina@gmail.com. Ivanovo State Polytechnic University. Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetevsky Prospekt, 21.

**Vlasova, Ekaterina A.** Chief project engineer. E-mail: vkatru@mail.ru. LLC «A-Simetri». Russia, 153000, Ivanovo, Tashkentskaya street, 10.

*Received 03.07.2024*

#### **Для цитирования:**

Опарина Л.А., Власова Е.А. Методика выбора ресурсосберегающих организационно-технологических решений на этапе завершения жизненного цикла зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 10. С. 72–78. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-72-78

#### **For citation:**

Oparina L.A., Vlasova E.A. The methodology of choosing resource-saving organizational and technological solutions at the stage of completion of the life cycle of buildings. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No.10. Pp. 78–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-72-78

9. Tabunshchikov Yu.A. Fundamentals of the formation of an environmentally sustainable human environment [Osnovy formirovaniya ekologicheskoi ustoychivoy sredy obitaniya cheloveka]. Energy saving. 2023. No. 3. Pp. 1–13. (rus)

10. Marszal A.J., Heiselberg P., Bourrelle J.S., Musall E., Voss K., Sartori I., Napolitano A. Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. Energy and Buildings. 2011. Vol. 43. Pp. 971–979.

11. Eleftheriadis S., Mumovic D., Greening P. Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol 67. Pp. 811–825. DOI: 10.1016/j.rser.2016.09.028.

12. Yüksek I., Tikansak T. Energy-Efficient Building Design in the Context of Building Life Cycle. Energy Efficient Buildings. 2017. Vol. 1. Pp. 93–123. DOI: 10.5772/66670.

13. Firdaus M., Zublie M., Hasanuzzaman Md., Rahim N. Energy-Saving and Sustainable Building Systems. Sustainability. 2022. Vol. 14(3). 1316. DOI: 10.3390/su14031316.

14. Jun H., Chen Y. Energy Saving Research in Building Life Cycle. Applied Mechanics and Materials. 2011. Vol. 71–78. Pp. 3297–3302. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.71-78.3297.

15. Ghazaryan R.K. Organizational modeling of construction reorganization of enterprises in the construction industry: abstract [Organizacionnoe modelirovanie stroitel'nogo pereustrojstva predpriyatij stroitel'noj industrii]. ...cand. tech. Sciences: 05.02.22. Ghazaryan Robert Kamoevich. M.: 2013. 23 p.