

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

2025, Том 17, № 1 / 2025, Vol. 17, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2025.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/40SAVN125.pdf>

DOI: 10.15862/40SAVN125 (<https://doi.org/10.15862/40SAVN125>)

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лосев, К. Ю. Специальные задачи на основе нейросетей в технологиях управления жизненным циклом объектов малоэтажного жилищного строительства / К. Ю. Лосев, Ю. Г. Лосев // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/40SAVN125.pdf> DOI: 10.15862/40SAVN125

For citation:

Losev K.Yu., Losev Yu.G. Special tasks based on neural networks in management technologies low-rise housing construction facilities life cycle. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(1): 40SAVN125. Available at: <https://esj.today/PDF/40SAVN125.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/40SAVN125

УДК 69; 62; 004.94; 681.5

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; LossevKY@mgsu.ru

ИНЦИ: https://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 «МИСИС», Старый Оскол, Россия

Доцент кафедры

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: ylosev@bk.ru

Специальные задачи на основе нейросетей в технологиях управления жизненным циклом объектов малоэтажного жилищного строительства

Аннотация. Предметной областью статьи является управление жизненным циклом объектов малоэтажного жилищного строительства, где предмет рассмотрения представляет собой специальные задачи на основе нейросетей в технологиях управления жизненным циклом объектов малоэтажного жилищного строительства. Объектом исследования данной статьи выступает задача применения нейросетей для снижения энергозатратности строительных систем объектов малоэтажного жилищного строительства, используя методику функционально-энергетического анализа для выявления резервов энергозатратности в конструкциях строительных систем. Данная задача рассматривается авторами как важнейшая специальная задача применения алгоритмов искусственного интеллекта в строительной сфере. Цель и основной вывод статьи заключен в формулировке тезиса, что специализированный искусственный интеллект, являясь инновацией, направленной на совершенствование производства основной строительной продукции через повышение скорости принятия решений, будет способствовать переходу производства объектов малоэтажного жилищного строительства в новый технологический уклад. Авторы используют методологию К-процессов и показывают, что среда больших данных для обучения и управления качеством нейросетей обеспечивается множеством информационных моделей вариантов объектов строительства и

практически формируется на основе методологии К-процессов автоматизированных технологий в жизненном цикле таких объектов. Авторы предлагают тип архитектуры нейросети и реляционную модель весовых коэффициентов энергозатрат конструкций по вариантам объектов малоэтажного строительства для алгоритма специальной задачи искусственного интеллекта по снижению энергозатратности авторской строительной системы «Экодом», основанной на применении в конструкциях монолитных композиционных гипсобетонов. Авторами делается вывод о том, приоритетный резерв снижения энергозатратности в строительстве в условиях роста стоимости энергии с высокой долей вероятности заключен в снижении этажности жилья.

Ключевые слова: жизненный цикл; искусственный интеллект; малоэтажное жилищное строительство; строительная система; автоматизированные технологии; функционально-энергетический анализ; нейронные сети; инновации; энергозатратность; технологии информационной поддержки изделия

Введение

Все, что выполняется в производственно-техническом сообществе без непосредственного участия специалистов, так или иначе связано с передачей управляющих функций интеллекта человека различным «искусственно» созданным устройствам достижения целей сообщества [1; 2].

Последние годы в этом направлении стабильно развивается направление, которое пытается моделировать интеллектуальную деятельность специалистов различных предметных областей строительной сферы, на основе программируемой архитектуры (искусственных нейросетей), имитирующей нейроны мозговой деятельности людей. Можно констатировать, что на основе искусственных нейронных сетей сложилось устойчивое понимание термина «искусственного интеллекта» (ИИ) в отраслях промышленности, который способен настраиваться на выполнении специальных задач предметной области с помощью алгоритмов машинного обучения и настройки весовых связей нейросетей (весов синапсов нейронов). Для решения таких задач требуется наличие развитой среды общих данных (СОД) для накопления больших данных конкретной предметной области. Множество подобных нейросетей для решения специальных задач в разных сферах, включая производство различных изделий, активно развиваются в мире последние 30 лет [3; 4].

Существует ряд особенностей для промышленных нейросетей, в частности для использования в строительной индустрии:

1. Первоначальную архитектуру нейросети и значения весовых коэффициентов связей нейросети для обучения и настройки связей создают специалисты предметной области на основе целей, опыта, существующих баз данных и знаний. Свойство нейросети обучаться на примерах придает ей некоторые особенности «интеллекта» специалиста по сравнению с системами, построенными по строгим алгоритмам или системам правил функционирования, сформулированных специалистами — экспертами. Построенная нейросеть представляет собой интеллектуальную систему принятия решений предметной области и выполняет роль ИИ, который в производственной сфере может помочь лицам, принимающим решения (ЛПР) в специальных задачах совершенствования производства изделий [5]. Следовательно, можно довольно четко отличать существующие автоматизированные технологии производства и эксплуатации различных технических объектов, включая объекты строительства (ОС), от аналогичных по целям технологий с применением ИИ. Такими ОС в статье в дальнейшем предлагается рассматривать объекты малоэтажного жилищного строительства на различных стадиях их жизненного цикла (ОМЖС).

2. Автоматизированные процессы существующих технологий построены по строгим рациональным алгоритмам достижения целей, нормативным, правовым требованиям и ограничениям, сложившимся технологическим возможностям и условиям принятия решений, накопленному практическому опыту. Именно таким образом возможно обеспечивать постоянный и устойчивый выпуск строительной продукции, в том числе в автоматизированном режиме. Наиболее ярко данное положение отражает методология ИПИ — технологий (технологий информационной поддержки изделий), развиваемых в различных отраслях [5; 6]. В ИПИ-технологиях алгоритмы деятельности специалистов по максимуму представляются и передаются автоматизированным процессам при массовом производстве продукции (изделий). ИПИ-технологии создаются в первую очередь для повышения скорости принятия эффективных решений специалистами в процессе производства, повышении конкурентоспособности, востребованности выпускаемой продукции, когда особенно важно оценивать качество и конкурентоспособность продукции в сложившемся глобальном рынке.



Рисунок 1. Центральная роль ИПИ-технологий в жизненном цикле ОМЖС, основанная на использовании алгоритмов ИИ при информационном моделировании в СОД (разработано автором)

3. Расширение и совершенствование выпуска строительной продукции на рынке, как правило, выполняется на основе создания и внедрения различного рода инноваций, в том числе и для ОМЖС [7]. Новые существенные возможности создания и внедрения инноваций для совершенствования производства изделий появились последние годы на основе использования алгоритмов специальных задач ИИ на основе нейросетей. Главным здесь становится виртуальное накопление больших данных (в составе информационных моделей строительных объектов) в первую очередь в процессах производства продукции, их весовых характеристик, которые обеспечивают выполнение алгоритмов специальных задач ИИ совершенствования данного производства. Полученные результаты от применения ИИ нацелены помогать специалистам результативно и системно принимать решения по инновационным параметрам изделий, в том числе при оптимизации различных затрат в жизненном цикле объектов строительства.

Создание и внедрение инноваций для расширения и совершенствования производства основной строительной продукции на основе системного применения технологий ИИ, направленных на повышения скорости принятия эффективных решений соответствующими специалистами, является отличием нового технологического уклада в сравнении с

традиционным технологическим укладом существующих автоматизированных производственных процессов. Развитие специализированного ИИ будет способствовать переходу производства ОМЖС в новый технологический уклад.

Методы

Традиционно для оценки уровня промышленного производства и строительства разработаны разнообразные методики на базе математических моделей сравнения качества и оптимизации продукции, чаще всего связанные с целевыми показателями стоимости ОС (изделий) или их частей. По отношению к жизненному циклу изделий применима известная методика оценки приведенных затрат (ПЗ) продукции и минимизация их стоимости по отношению к некоторому эталону (ПЗ_{эт}) [8]. В строительстве — это оценка стоимости приведенных затрат (ПЗ) как наименьшей суммы единовременных затрат (ЕЗ) на строительство и приведенных эксплуатационных затрат (ЭЗ) ОС: $ПЗ = ЕЗ + ЭЗ \rightarrow ПЗ_{эт}$. Стоимостное соотношение ЕЗ и ЭЗ, составляющих ПЗ, количественно сопоставимо для оценки вариантов, однако недостаточно точно для оценки всего жизненного цикла ОС. Экспертный прогноз фактических затрат за полный период срока эксплуатации зданий (составляющий десятки лет) показывает следующее фактическое приблизительное соотношение 100 % стоимостных затрат: строительство: 10 %; эксплуатация: 90 %. Соответственно, значение весовых коэффициентов: $K_e = 0,1$; $K_z = 0,9$. Следовательно, основные затраты приходятся на стадию эксплуатации в жизненном цикле ОС. Данные значения весовых коэффициентов полных затрат дают только факт их вклада в суммарный результат, но не подсказывают пути совершенствования сложившихся технологических условий их получения.

Более совершенным является метод функционально-стоимостного анализа (ФСА), связанный с исследованием функций объектов и стоимостных затрат на реализацию этих функций¹. Метод базируется на предположении о том, что в каждом ОС, подлежащем анализу, сосредоточены как необходимые, так и излишние затраты и тем самым возможно выявление резервов снижения затрат. Излишние затраты обычно связаны с повышенной, не требующейся потребителю функциональностью ОС, либо с недостаточной конструктивно-технологической, организационной реализацией производства. Основной целью методики ФСА является выявление и устранение излишних затрат без снижения качества исполнения главной потребительской функции ОС. В отношении к ОМЖС, по нашему мнению, такой целевой функцией является создание здоровой жилой среды ОМЖС, комфортной для живущего в ней человека, что сводится к решению задачи «ЗЭ ОМЖС»: совершенствования экологичности, энергоэффективности, экономичности параметров «здорового» жилого дома и окружающей среды. Приложение методики ФСА для этой цели потребует своего развития и привязки для выявления весовых коэффициентов, влияющих на главную потребительскую функцию ОМЖС. Совершенствование производства ОС с использованием ИИ (включая нейросети) и СОД при наличии вышеуказанной главной целевой потребительской функции далее представляется нами как решение специальных задач ИИ ОМЖС [6; 7; 9; 10].

Однако, важным недостатком ФСА (как и других стоимостных методик) является ориентация на стоимостные показатели ОС, которые по существу субъективны, неустойчивы и больше подчиняются конъюнктуре рыночных отношений в интересах получения прибыли инвестора, а не получение оптимальных значений указанной выше целевой функции и сопутствующих социально-потребительских качеств в массовом производстве жилья для

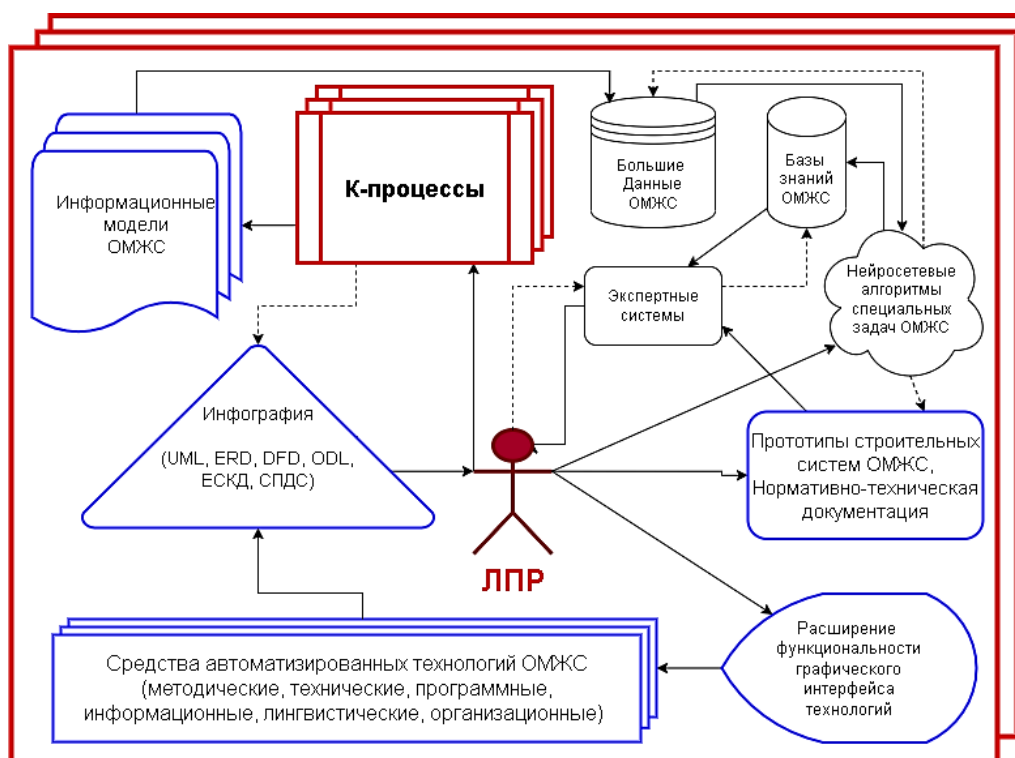
¹ Справочник по функционально-стоимостному анализу. Под ред. Карпунина М.Г., Майданчика Б.И. — М.: Финансы и статистика. 1988, — 431 с.

людей. Особенно ярко это проявляется в многоэтажном и высотном строительстве жилья в мегаполисах по всему миру.

Важным и возможным резервом, по нашему мнению, является переход от оценки стоимостных показателей к назревшему учету фактических энергозатрат строительства и эксплуатации зданий, соответственно, к накоплению их в СОД в натуральном исчислении, например, в тоннах условного топлива — у.т. — (ГОСТ Р 51750-2001), в том числе и для стадий жизненного цикла ОМЖС [11–15].

Такой учет фактических энергозатрат строительства и эксплуатации зданий может основываться на методологии создания и функционирования автоматизированных технологий управления ОМЖС [6; 16–18]. Ее основой является формирование и исполнение конструктивных (алгоритмических) процессов (K_i -процессов) в составе 5-ти стадий жизненного цикла, где: 1 стадия — предпроектные и инженерные изыскания; 2 стадия — проектирование; 3 стадия — строительства; 4 стадия — эксплуатация; 5 стадия — ликвидация. Автоматизированные технологии стадий жизненного цикла ОМЖС разрабатываются и используются специалистами, то есть лицами, принимающими решения (ЛПР). Целевые результаты работы ЛПР, используя информационные модели ОС, отражают содержание стадий жизненного цикла:

1. Техничко-экономическое обоснование, варианты проектных предложений, задание на проектирование выбранного варианта ОС.
2. Проектно-сметная документация ОС.
3. Исполнительная документация ОС.
4. Эксплуатационная документация на функционирование, ремонты, реконструкцию, реставрацию ОС.
5. Документация на утилизацию (демонтаж) ОС.



**Рисунок 1. Центральная роль ИПИ-технологий
в жизненном цикле ОМЖС (разработано автором)**

Схема, привязанная к возможностям совершенствования ОМЖС в целом с применением ИИ на всех стадиях жизненного цикла, представлена на рисунке 2.

Левая часть схемы на рисунке 2 направлена на фактическое исполнение автоматизированного проектирования, строительство, эксплуатацию изделий ОМЖС в соответствии с существующими технологическими условиями исполнения конструктивных, алгоритмизируемых процессов (K_i -процессов) для достижения целевых результатов работы ЛПР в жизненном цикле ОС. Правая часть схемы в основном соответствует новым условиям применения ИИ при совершенствовании конструктивных решений объектов малоэтажного жилищного строительства на основе больших данных и решений специальных задач ИИ с помощью специализированной нейросети. Сама среда больших данных практически формируется при исполнении K_i -процессов автоматизированных технологий стадий ЖЦ ОЖМС и создания множества вариантов информационных моделей ОМЖС.

Результаты

В качестве примера, выполним постановку специальной системной задачи ИИ снижения энергозатратности конструктивного остова ОМЖС на первых стадиях жизненного цикла ОМЖС (предпроектной и проектирования), поскольку принятые в этот период решения закладывают во многом энергозатратность и на последующих стадиях строительства и эксплуатации ОМЖС. Инструментальной задачей здесь может выступить построение нейросети для совершенствования энергозатратности конкретной строительной системы путем накопления в СОД больших данных на базе множества конструктивных решений, созданных в проектах ОМЖС. Иначе, специализированный ИИ должен подсказывать пути снижения энергозатратности строительной системы с конкретным типом конструктивного решения для каждого нового проекта ОМЖС.

Предлагаем применить методологию ФСА, в которой стоимостные показатели в базах данных следует заменить на данные энергозатрат (в кг у.т.) для функциональных элементов конструктивного решения строительной системы ОМЖС. Таким образом возможен переход от методологии ФСА к методологии *функционально-энергетического анализа* — ФЭА для построения и выполнения специальной задачи совершенствования энергозатрат выбранной строительной системы.

Примем строительную систему ОМЖС с конкретными конструктивными решениями на основе монолитных композиционных гипсобетонов. Приоритет гипсобетонам обоснован известными преимуществами для решения задач «3Э ОМЖС». Для этого возьмем за основу конструктивные решения, заложенные в авторской строительной системе Экодом (далее ССЭ) [6; 7; 16–19].

Надземная часть ССЭ выполнена из сборно-монолитных конструкций стен, перекрытий с несущими элементами в составе металлического каркаса из ЛСТК (толщиной 1–1,2 мм) с перфорированными термопрофилями. Профили стоек стен приняты в виде швеллеров № 10–20, к которым вертикально крепятся несъемная опалубки из листов ГВЛВ, ГСЛВ. Для наружных стен в стеновую опалубку заливается композиционный гипсобетон со средней плотностью 500 кгс/м³. Для внутренних стен и перекрытий средняя плотность до 1 000 кгс/м³. Для балочных перекрытий и покрытий используются балки из составных двутавровых профилей ЛСТК № 10–15, на которые к нижним полкам двутавров крепятся листы горизонтальной несъемной опалубки, аналогичной стеновой. На опалубку перекрытий послойно заливается композиционный гипсобетон (например, гипсокерамзитобетон). Как правило, на полки двутавров перекрытий укладывается арматурная сетка для работы в растянутой и сжатой зоне монолитного слоя гипсобетона. В составе гипсобетонов

используются различные модификаторы для повышения водостойкости, прочности, эластичности, замедления схватывания для получения композиционных свойств [19]. Используются различные средства механизации и, в первую очередь, бетононасосы. В конструкциях крыши, помимо традиционных, можно использовать несущие стропила, стойки, подкосы опоры их профилей ЛСТК, обшивки из листов ГВЛВ, ГСЛВ, задувания теплоизоляционных заполнителей из эковаты, пеностекла, перлита, пеноизола, поризованного гипсобетона и др. материалов. Такие же конструкции можно использовать в конструкциях перегородок. Фундаменты традиционные: ленточные, столбчатые, винтовые, свайные или плитные из тяжелого железобетона. В конструкциях фундаментов при обосновании возможно использовать водостойкие гипсобетоны с армированием их щелочестойкой стеклопластиковой арматуры. Основная энергозатратность конструктивных решений ССЭ закладывается в цепочке производства материалов, а также в технологиях производства остова ОМЖС.

Для решения поставленной задачи примем суммарную энергозатратность конструкций остова за 100 %. Далее, следует установить энергозатратность каждого вида конструкций в составе ССЭ и оценить их в количественных долях (весовых коэффициентах) от общих энергозатрат. Весовые коэффициенты связаны с функциональными назначениями конструкций и их тесным взаимодействием с многоуровневой (иерархической) системой баз данных энергозатратности производства (затраты на материалы, оборудование, транспорт, различные ресурсы, организационно-технологические затраты изготовления, монтажа и т. п.). Состав таких баз данных энергозатратности производства является главной задачей и основой получения значений весовых коэффициентов вариантов проектов ССЭ ОМЖС [6, 18].

Существенное значение имеет анализ структуры стоимостных данных созданных ОМЖС, которые следует использовать для предварительной оценки весовой значимости энергозатратности различных конструктивных элементов зданий. Опираясь на опытное знание структуры стоимостных затрат применения ССЭ для ОМЖС предлагаем следующие значения первоначальных весовых коэффициентов энергозатратности конструкций, сведенных в таблицу 1.

Для каждого индивидуального проекта ОМЖС значения весовых коэффициентов энергозатрат (ВКЭ) конструкций ССЭ будет отличаться, с различными отклонениями от базовых значений из-за индивидуальных отличий в *объемно-планировочных и конструктивных решениях ОМЖС*.

Таблица 1

**Первоначальные значения весовых
коэффициентов энергозатрат конструкций ССЭ ОМЖС**

ВКЭ конструкций фундаментов	ВКЭ конструкций наружных стен	ВКЭ конструкций внутренних стен	ВКЭ конструкций перекрытий и покрытий	ВКЭ конструкций крыши	ВКЭ других конструкций
0,1	0,3	0,2	0,2	0,15	0,05

Составлено автором

Конструктивные решения содержатся в составе баз данных, связанных с обеспечением прочности, устойчивости, жесткости, трещиностойкости, долговечности и зависят от нормативов используемых материалов, нагрузок, оценок напряженно-деформированного состояния и предельных состояний конструкций по характеру работы в остове здания.

Геометрические параметры конструкций во многом диктуются *объемно-планировочными решениями* в составе баз данных, связанных с планами этажей, пролетами, высотами этажей, нормативными требованиями строительной физики к помещениям, условиям экологии, климата, экономии ресурсов, территориального планирования и др.

Помимо указанных традиционных баз данных, для решения поставленной задачи снижения энергозатратности конструкций необходимо создавать базы больших данных и накапливать результаты энергозатратности, энергоёмкости ССЭ ОМЖС, связанных как с объёмно-планировочными, так и с конструктивными решениями проектов ОМЖС. Соответственно, по специальному алгоритму будут анализироваться большие данные и накапливаться база данных весовых коэффициентов энергозатрат конструкций для множества вариантов проектов ССЭ ОМЖС (рис. 1).

В качестве системного показателя оценки энергоэффективности ССЭ ОМЖС предлагается использовать удельные энергозатраты конструкций в кг у.т./м² общей площади в вариантах проектов ОМЖС. Воспользуемся данными для малоэтажных жилых домов, приведенные в различных источниках и характеризующих фактические энергозатраты и расходы на конструкции, транспорт, монтаж [6; 11; 15; 18; 19]. На основе анализа различных данных для малоэтажных жилых домов и собственных опытных данных для ССЭ = ОМЖС, примем первоначальное значение энергозатрат для базового первого варианту равным 100 кг у.т./м² общей площади. Структура и значения весовых коэффициентов энергозатрат для конструкций сведены в таблицу 2. Значения для базового первого варианта примем в соответствии с данными табл. 1. Ожидаемые значения весовых коэффициентов энергозатрат по множеству последующих вариантов проектов ССЭ ОМЖС представлены в таблице 2 в виде показателей с буквенными индексами конструкций по содержанию (ф, нс, вс, п, к, д, уэ). Содержательные индексы весовых коэффициентов энергозатрат конструкций следующие: ф — фундаменты; нс — наружные стены; вн — внутренние стены; п — перекрытия, покрытия; к — крыши; д — другие конструкции; уэ — удельные энергозатраты варианта. Местоположение данных в таблице индексируется как i, j. Индекс i — номер варианта проекта ОМЖС, где $1 \leq i \leq n$. Индекс значения весовых коэффициентов и удельных энергозатрат по варианту — j, где $1 \leq j \leq 7$.

Таблица 2

**Значения весовых коэффициентов
энергозатрат конструкций ССЭ по вариантам ОМЖС**

	1	2	3	4	5	6	7
Номер Вариант	ВКЭ конструкций фундаментов	ВКЭ конструкций наружных стен	ВКЭ конструкций внутренних стен	ВКЭ конструкций перекрытий и покрытий	ВКЭ конструкций крыши	ВКЭ других конструкций	Удельные энергозатраты по вариантам, кг у.т./м ²
1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,15	0,05	100
2	ф ₂₁	нс ₂₂	вс ₂₃	п ₂₄	к ₂₅	д ₂₆	уэ ₂₇
—	—	—	—	—	—	—	—
i	ф _{i1}	нс _{i2}	вс _{i3}	п _{i4}	к _{i5}	д _{i6}	уэ _{i7}
—	—	—	—	—	—	—	—
n	ф _{n1}	нс _{n2}	вс _{n3}	п _{n4}	к _{n5}	д _{n6}	уэ _{n7}

Составлено автором

Особо подчеркнём, что значения показателей в таблице 2 по вариантам формируются на основе базы больших данных ССЭ и могут быть получены и накоплены при исполнении К_i-процессов на данном множестве вариантов.

Предлагаемая реляционная модель весовых коэффициентов, связанных с базами данных энергозатратности ССЭ ОМЖС, служит основой создания алгоритма специальной задачи построения нейросети и анализа энергоэффективности конструкций и нахождении резервов снижения энергозатратности в соответствии с функциональным назначением и применением ФЭА. Предложения по формированию непосредственно баз данных энергозатрат в приложении к ССЭ ОМЖС являются первостепенными, и для их создания можно использовать различные источники в строительстве [6; 11; 15; 18]. Однако считаем, что практически

полноценная базы данных энергозатрат может быть создана только в кластере индустриального производства малоэтажных жилых домов ССЭ, бизнес-проект которого разработан у авторов. В целом такие инновационные разработки проводятся в научных центрах крупных корпораций или специалистами специализированных инновационных предприятий в интересах Заказчиков-Инвесторов и государства.

Выбор архитектуры нейросети должен в первую очередь сводить к минимуму основной недостаток традиционных нейросетей — проблемой «забывания», то есть затухания градиентов при обучении сетей на длинных последовательностях [20]. Одновременно нейросеть должна иметь возможность результативно обращаться к источнику больших данных на каждом шаге работы. Первое условие можно выполнить, выбрав так называемый вид рекуррентных нейронных сетей (RNN) типа LSTM (Long Short-Term Memory) — нейросетей с долгой кратковременной памятью, которые могут результативно, а по некоторым критериям эффективно, учитывать долгосрочные зависимости в последовательных данных [21–23]. Второе условие можно выполнить, обратив внимание на модернизацию LSTM, известную как GRU (Gated recurrent units), нейросеть с управляемыми рекуррентными нейронами (или RNN Encoder-Decoder Network) [24], с добавлением к ее архитектуре понятия «внимание» [25; 26], то есть возможности нейросети на каждом шаге работы брать дополнительные данные из более крупного источника данных (в нашем случае — из источников больших данных весовых коэффициентов энергозатрат конструкций для множества вариантов проектов ОМЖС). Это позволяет избирательно фокусироваться на значимых для контекста обучения входных элементах, повышая точность прогнозирования и снижая время вычислений. Данное изменение в итоге переводит предлагаемую архитектуру нейросети в гибрид с вариантом сети типа «трансформер» [27], но без значимого влияния «забывания».

Обсуждение

Энергетическая эффективность зданий стала важнейшей проблемой в РФ в первую очередь из-за высоких топливно-энергетических затрат отрасли строительства [11]. В главном законодательном документе в строительстве в качестве обязательной цели установлено обеспечение энергоэффективности зданий и сооружений (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. ФЗ-384, от 30.12.2009 г.). Последние 30 лет в строительстве и эксплуатации зданий достаточно успешно применяются современные научные, методические, нормативные разработки энергоэффективности на основе совершенствования технических решений строительных систем, инженерного оборудования, строительных технологий, управления, организации в строительстве, в том числе и для энергоэффективных зданий [7; 11–15]. Тема постоянно развивается в разных направлениях, поскольку имеются значительные резервы снижения энергозатрат на всех стадиях жизненного цикла зданий.

Существуют строительные системы ОМЖС в виде множества несущих конструкций стен: из различных мелкоштучных кирпичей, блоков; монолитных из бетонов на вяжущих из цемента, гипса, извести, глины. композиционных вяжущих; каркасных, каркасно-щитовых. Существует множество вариантов перекрытий, покрытий и конструктивных сочетаний конструкций строительных систем. Выбор строительной системы всегда задает основу конструктивного остова ОМЖС. Например, в работе [13], такой выбор для ОМЖС предлагается в сравнении четырех строительных систем на основе анализа данных энергетических ресурсов на стадии строительства на этапе монтажа зданий, с выводами по вариантам об энергозатратности строительных систем. Особо важным здесь является сравнение вариантов ОМЖС с многоэтажным монолитным жилым домом по удельным энергозатратам на квадратный метр площади помещений. Установлено, что энергозатраты в малоэтажных жилых домах в разы меньше энергозатрат многоэтажного жилого дома, то есть

удельные энергозатраты монтажа малоэтажных жилых домов с несъемной опалубкой в среднем составляют 3.1 кг у.т./м², а возведение 1 м² сравниваемого многоэтажного жилого дома в среднем составляет 13.3 кг у.т./м². Очевидна разница в 4 раза в пользу ОМЖС. Однако, на практике приоритет выбора многоэтажных строительной системы осуществляется Заказчиком-Инвестором из прагматичных соображений конъюнктуры рынка жилья и проводимой политике строительства многоэтажного жилья в городах, особенно высотного в мегаполисах. Считаем, что проблемы снижения энергозатратности в строительстве в условиях роста стоимости энергии будут только обостряться, а главный резерв, как указано здесь, фактически заключен только в снижении этажности жилья.

Полученные логические результаты использования ИИ, в частности нейросетей, помогут ЛПР в выборе инноваций по совершенствованию энергозатратности как отдельных конструкций и так в целом строительной системы Экодом ОМЖС. Предложенное целевое назначение *построения нейросетей для инновационного совершенствования строительства, по нашему мнению, применимо* и в других аналогичных строительных системах ОМЖС. Аналогичные построения возможны и для других специальных задач с использованием ИИ: экологичности, экономии ресурсов, «здорового» дома и др.

Дальнейшее развитие специальных задач совершенствования ОС в целом видится в совместном использовании предлагаемых типа архитектуры нейросети и реляционной модели весовых коэффициент энергозатрат конструкций по вариантам ОМЖС с графовой нейросетью GNN (Graph Neural Networks) [28], которая используется для определения пространственных зависимостей и взаимосвязей между различными элементами информационной модели объекта строительства в его жизненном цикле, где сама информационная модель ОС представлена в виде графа. Такая интеграция обеспечивает управление пространственными и временными задачами (этапами) жизненного цикла ОС и объективно влечет за собой создание предметно-ориентированной (специализированной) операционной системы для строительной индустрии [17].

Выбор создания алгоритмов построения нейросетей, а также парадигмы обучения нейросетей (с «учителем», без «учителя», в гибридной форме) для поставленных специальных задач совершенствования ССЭ ОМЖС и др. строительных систем ОМЖС является темой последующих статей.

Выводы

1. Важнейшей специальной задачей применения нейросетей предлагается рассматривать снижение энергозатратности строительных систем ОМЖС, используя методику ФЭА для выявления резервов энергозатратности в конструкциях строительных систем ОМЖС.
2. Среда больших данных для обучения и управления качеством нейросетей обеспечивается множеством информационных моделей вариантов ОМЖС и практически формируется на основе методологии К-процессов автоматизированных технологий в жизненном цикле ОЖМС.
3. Приоритетный резерв снижения энергозатратности в строительстве в условиях роста стоимости энергии заключен в снижении этажности жилья.
4. Предложен тип архитектуры нейросети и реляционная модель весовых коэффициент энергозатрат конструкций по вариантам ОМЖС для алгоритма специальной задачи ИИ по снижению энергозатратности авторской строительной системы Экодом, основанной на применении в конструкциях монолитных композиционных гипсобетонов.

5. Специализированный ИИ, являясь инновацией, направленной на совершенствование производства основной строительной продукции через повышение скорости принятия решений ЛПР, будет способствовать переходу производства ОМЖС в новый технологический уклад.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Н.М. Искусственный разум. — Киев; Наукова думка, 1969 — 155 с.
2. Wang P., Goertzel B. Theoretical foundations of artificial general intelligence. — Paris, Atlantis Press, 2012 — pp.329
3. Нейроуправляемые конструкции и системы. Под ред. д.т.н., проф. Абовского Н.П. — М., Радиотехника, 2003 — 367 с.
4. Еременко Ю.И. Интеллектуальные системы принятия решений и управления — Старый Оскол, Тонкие наукоемкие технологии, 2015 — 401 с.
5. 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.
6. Лосев К.Ю., Лосев Ю.Г. Формирование технологического уклада малоэтажного жилищного строительства с применением монолитных композиционных гипсобетонов // Жилищное строительство. 2023. № 8. С. 11–20. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-8-11-20>.
7. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Малоэтажное строительство как основа инновационного развития строительной отрасли // Вестник евразийской науки. — 2021. № 2. — DOI: 10.15862/10SAVN221.
8. Банин А.П. Экспертная оценка эффективности новой техники в строительстве. М., Стройиздат, 1974. — 112 стр.
9. Дубров А.П. Экология жилища и здоровье человека. — Уфа: Слово, 1995. 86 с.
10. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Строительные системы здорового дома // Современное строительство и архитектура. — 2018, № 4(12) Ноябрь. с. 18–22. — DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2018.12.1>.
11. Исакович Г.А., Слуцкий Ю.Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве. М., Стройиздат. 1988. — 208 с.
12. Опарина Л.А. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. № 8, 2014 — с. 12–15.
13. Журналева А.А., Король О.А. Сравнение потребления топливно-энергетических ресурсов на строительной площадке при возведении объектов малоэтажного и многоэтажного жилищного строительства. // Строительство и Архитектура. — 2020, т. 8 № 3. — С. 61–68.
14. Онищенко С.В. Автономные энергоэффективные здания усадебной застройки // Жилищное строительство. 2008. № 7. С. 7–8.
15. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания — состояние, проблемы и пути решения — Иваново: ПресСто, 2016. — 276 с.

16. Лосев К.Ю., Лосев Ю.Г., К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки. — 2022, № 1. — DOI: 10.15862/09SAVN122.
17. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Основы формализации построения автоматизированных технологий управления жизненным циклом объектов строительства // Строительство и Архитектура. — 2022, т. 10 № 4(37). — DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-4-81-85.
18. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Развитие малоэтажного жилищного строительства на основе строительных систем с применением композиционных гипсобетонов // Строительные материалы. 2021. № 10. с. 60–64.
19. Гипс в малоэтажном строительстве. Под. ред. профессора Ферронской А.В., д.т.н. — М., АСВ, 2008 — 239 с.
20. Bengio Y., Simard P., Frasconi P. (1994) Learning Long-Term Dependencies with Gradient Descent is Difficult IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 5, No. 2, March 1994, P. 157–166.
21. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural computation, 9(8), P. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
22. Gers, F.A., Schraudolph, N.N., Schmidhuber, J. (2002). Learning precise timing with LSTM recurrent networks. Journal of machine learning research, 3(Feb), P. 115–143 DOI: 10.1162/153244303768966139.
23. Greff, K., Srivastava, R.K., Koutník, J., Steunebrink, B.R., & Schmidhuber, J. (2015). LSTM: A search space odyssey. IEEE transactions on neural networks and learning systems, 28(10), P. 2222–2232. DOI: 10.1109/TNNLS.2016.2582924.
24. Cho K., Merrienboer V.B., Gulcehre C., Bahdanau D., Bougares F., Schwenk H., Bengio Y. (2014) Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation, Proceedings of the Conference EMNLP 2014, P. 1724–1734 DOI: 10.3115/v1/D14-1179.
25. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A.N., Kaiser Ł., Polosukhin I. (2017) Attention Is All You Need, Proceedings of the 31st International Conference NIPS'17, P. 6000–6010 — URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf (дата обращения 05.02.2025).
26. Краснов, Д.И. Модули внимания в сверточных нейронных сетях для распознавания малоразмерных объектов / Д.И. Краснов // Компьютерная оптика. — 2024. — Т. 48, № 6. — С. 963–968. — DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1468.
27. Гайнетдинов А.Ф. Исследование влияния трансформеров на улучшение генерации изображений // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024. 4(121). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17259>.
28. Zhang Z., Peng C. Zhu W. (2020) Deep Learning on Graphs: A Survey IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2020. pp. 24 — DOI: 10.48550/arXiv.1812.04202.

Losev Konstantin Yurievich

National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

E-mail: c.lossev@gmail.com; LossevKY@mgsu.ru

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

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

Losev Yuri Grigorievich

National University of Science and Technology «MISIS», Stary Oskol, Russia

E-mail: ylosev@bk.ru

Special tasks based on neural networks in management technologies low-rise housing construction facilities life cycle

Abstract. The domain area of the article is life cycle management of low-rise housing construction facilities, where the subject of consideration are special tasks based on neural networks in technologies for managing the life cycle of low-rise housing construction facilities. The object of the article's research is the task to reduce energy consumption of low-rise housing construction facilities based on methodology of functional and energy analysis to identify energy consumption reserves in the of construction system structures using neural networks. This task is considered by the authors as the most important special task of applying artificial intelligence algorithms in the construction sector. The purpose and main conclusion of the article is to formulate the thesis that specialized artificial intelligence, being an innovation aimed at improving the production of main construction products by increasing the speed of decision-making, will facilitate the transition of low-rise housing construction facilities to a new technological order. The authors use the K-process methodology and show that the big data environment for training and quality management of neural networks is provided by a variety of buildings information models and is practically formed on the base of automated technologies K-process in the lifecycle of such facilities. The authors propose a type of neural network architecture and a relational model of the low-rise construction options structures energy consumption weighting coefficients for an algorithm for a special artificial intelligence task to reduce the structures energy consumption of the author's «Eco-house» construction system based on the use of monolithic composited gypsum concrete. The authors conclude the priority reserve for reducing energy consumption in construction in the face of rising energy costs is likely to consist in reducing the number of floors of housing.

Keywords: life cycle; artificial intelligence; low-rise housing construction; construction system; automated technologies; functional and energy analysis; neural networks; innovation; energy consumption; product information support technologies