

Оксана Владимировна Савина

старший преподаватель кафедры цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: nov1984@yandex.ru

Данила Сергеевич Парыгин✉

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: dparygin@gmail.com

Антон Алексеевич Финогеев

канд. техн. наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования, Пензенский государственный университет. Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40;
e-mail: fanton3@ya.ru

Артём Дмитриевич Чикин

студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: artyom.chikin@gmail.com

Артём Геннадьевич Щербаков

магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: artem.shcherbakov01@gmail.com

**ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ¹**

Рассмотрен подход к поддержке принятия решений по реализации устойчивого развития урбанизированных территорий муниципального образования на основе повышения эффективности использования коммунальных ресурсов. Предлагается способ выбора вариантов совершенствования управления инженерными системами (отопление, вентиляция и кондиционирование) для достижения целевого класса энергоэффективности зданий, улучшения эстетического вида существующих и возводимых объектов. Проанализированы факторы развития энергоэффективности объектов застройки. На основе метода анализа иерархий обоснована целесообразность внедрения программных продуктов для автоматизации управления инженерными системами при проектировании современных объектов капитального строительства. Выбранный метод исследования при принятии управленческих решений коррелирует со

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024, <https://rscf.ru/project/22-11-20024/> Результаты части 3 получены в рамках гранта Российского научного фонда № 20-71-10087 (дата обращения: 26.10.2022).

сложной системой взаимосвязанных компонент (необходимых ресурсов, достигаемых целей, объектов воздействия, сроков реализации и т. д.), требующих анализа, прогнозирования, а также выявляет наиболее важные критерии для оценки альтернативных вариантов развития объектов. Использование такого подхода при проектировании и строительстве зданий позволит улучшить эксплуатационные свойства созданных объектов, минимизировать риски по вложению инвестиций, оптимизировать расходы на текущее обслуживание и содержание зданий и сооружений. Возможность выбора обоснованных решений позволит также внести вклад в сохранение и улучшение экологии городского пространства, а также повышение комфортности пребывания жителей города в объектах жилого и нежилого назначения.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, устойчивое развитие урбанизированных территорий, совершенствование инженерных систем, энергоэффективное здание, метод анализа иерархий.

Для цитирования: Савина О. В., Парыгин Д. С., Финогеев А. А., Чикин А. Д., Щербаков А. Г. Поддержка принятия решений по повышению энергоэффективности объектов городской инфраструктуры // Социология города. 2022. № 4. С. 58—69. DOI: 10.35211/19943520_2022_4_58

Введение

Ключевую роль в формировании городского пространства играют объекты капитального строительства. Именно в них протекает основная часть жизни жителей города, что является причиной потребления значительного количества ресурсов. Современные условия использования отдельного оборудования, создания определенных микроклиматических условий и специфичные режимы эксплуатации объектов в целом формируют сложную систему расходования электрической и тепловой энергии, газа и воды. При этом корректировка по потреблению одного из ресурсов на отдельно взятом объекте может сказаться на функционировании системы инфраструктуры обеспечения жизнедеятельности. К примеру, компенсация обогрева здания центральным теплоснабжением за счет использования индивидуальных электрических отопительных приборов способна вызвать перегрузки в сетях электроснабжения. Накопление подобного эффекта от нескольких объектов, иные перекрестные проблемы несбалансированного потребления влекут избыточный износ инфраструктуры, повышенные негативные воздействия на окружающую среду и снижение качества жизни человека в городе.

Утвержденная Организацией Объединенных Наций всемирная Повестка дня в области устойчивого развития городов до 2030 г. ориентирована на достижение 17 амбициозных целей, затрагивающих вопросы разумного и эффективного потребления энергии и ресурсов². Поиск новых решений и внедрение инноваций в создание и эксплуатацию объектов недвижимости направлены на повышение эффективности использования имеющихся ресурсов, а также на стимулирование устойчивого территориального развития в соответствии с современным образом жизни людей. И такая задача может

² Повестка дня в области устойчивого развития. 2022. 5 октября. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/> (дата обращения: 26.10.2022).

Поддержка принятия решений по повышению энергоэффективности городской инфраструктуры решаться путем последовательного повышения энергоэффективности каждого объекта городской инфраструктуры.

1. Современные подходы к формированию энергоэффективности объектов инфраструктуры

Пилотные проекты, представляющие собой синтез архитектурно-планировочных, конструкторских и инженерных решений, направленных на оптимизацию используемых зданиями энергоресурсов путем сохранения их надежности и комфортности пребывания в них, появились еще в конце 70-х годов прошлого века. На сегодняшний день накопленный опыт по проектированию и строительству энергоэффективных объектов свидетельствует о том, что эффективность рассматривается не только как статическая, задаваемая на стадии проектирования, но и как динамическая характеристика, формируемая в течение всего жизненного цикла зданий. Эффективная, продуманная организационная подготовка всех стадий жизненного цикла здания от инвестиционного замысла до вывода из эксплуатации имеет решающее влияние на эффективность взаимодействия многочисленных участников инвестиционно-строительного процесса, и в то же время является важной составляющей всей сложной энергетической системы (Алоян и др., 2016; Абрамян, Матвийчук, 2017; Горшков, Ливчак, 2015).

Впервые термин «энергоэффективность» введен в СНиП 23-02—03 «Тепловая защита зданий»³. Однако СНиП, СП и иные нормативно-правовые документы устанавливают только нормативные требования к зданиям по характеристике теплопроводности, т. е. определяют нормируемую удельную потребность в тепловой энергии на отопление, охлаждение и вентиляцию возведенных объектов.

В МГСН 2.01—99 «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению»⁴ понятие «энергетическая эффективность здания» определено как свойство объекта и входящих в его состав инженерных систем, обеспечивающее заданный уровень расхода тепловой энергии, необходимый для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений.

Процесс трансформации понятия «энергоэффективное здание» происходил постепенно под влиянием текущих потребностей экономики города, оптимизации финансовых ресурсов по энергоэффективности, изменений нормативно-правовых актов. Так, в Федеральном законе № 261-ФЗ⁵ отражено, что энергоэффективность здания включает не только тепловую энергию, но и другие виды энергии и энергетических ресурсов.

³ СНиП 23-02—03. Тепловая защита зданий. Принят и введен в действие с 01.10.2003 Постановлением Госстроя России от 26.06.2003 № 113.

⁴ МГСН 2.01—99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. Приняты и введены в действие Постановлением Правительства Москвы от 23.02.1999 № 138.

⁵ Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ.

Наиболее емкое и полное определение термину «энергоэффективное здание» с учетом специфики объекта исследования дано в работе Л. А. Опариной: «Энергоэффективное здание — это строение, отвечающее нормативным требованиям безопасности и надежности, совокупность планировочных, конструктивных и инженерных решений которого обеспечивает необходимый потребительский уровень комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы на протяжении всего жизненного цикла» (Опарина, 2010).

Таким образом, научно проработанное определение «энергоэффективности здания» в качестве основы для достижения поставленной цели ставит проработку технических решений по рациональному использованию энергоресурсов и повышению энергоэффективности с учетом комфортности пребывания граждан как неотъемлемый фактор устойчивого развития городской среды в целом.

2. Анализ факторов развития энергоэффективности застройки

Создаваемые и возведенные здания являются одними из ключевых компонентов, играющих важную роль для перехода к новой системе управления территориями. В настоящее время здания находятся на втором месте по объему потребляемой энергии на городской территории после промышленности (Gupta, Chakraborty, 2021). Управление территориями, основанное на использовании альтернативной энергетики, внедряемой/используемой на разных этапах всего жизненного цикла здания — от этапа проектирования, последующей эксплуатации и далее сноса, — позволит сократить количество выбрасываемого в воздух углекислого газа. Оценка эффективности функционирования объекта с точки зрения учета различных аспектов использования энергии на протяжении жизненного цикла объекта обеспечит оптимальную стратегию управления территорией (Tricoire, 2021; Hernandez et al., 2019).

На данный момент переход на энергоэффективные объекты связан с анализом следующих факторов, определяющих рентабельность применения данных энергоэффективных решений. Основопологающими факторами развития территории являются экологические и экономические результаты, достигаемые в процессе изменения класса энергоэффективности здания. При этом преобразование объектов нацелено не только на экономию ресурсов и денежных средств, но и снижение нагрузки (загрязнения) на окружающую среду и в целом на городскую территорию (Yi, Bing, 2017; Kondrashov, Trinchenco, 2022). Несмотря на важность рассматриваемой проблемы, энергосбережение до сих пор не является первоочередной задачей, решаемой на этапе проектирования объекта, хотя возможность сокращения теплопотерь здания в холодное время года можно предусмотреть, опираясь на пассивные способы проектирования, а именно грамотную ориентацию объекта капитального строительства с учетом рельефа территории, ориентации относительно сторон света, направления ветра, формы здания. Кроме того, немаловажную роль занимают теплозащитные конструкции, заложенные в архитектурно-конструктивные характеристики объекта (Лысёв, Шилин, 2017).

Однако данные факторы не являются исчерпывающими. Так, энергоэффективные здания позволяют создать в помещении благоприятный микроклимат, обеспечивают высокий уровень безопасности, что является важным

Поддержка принятия решений по повышению энергоэффективности городской инфраструктуры

социальным фактором для пользователя — человека. Поэтому важно строить современную систему управления территорией и расположенными на ней объектами с учетом внедрения цифровых технологий (интеллектуальных решений), это важно не только для экономии ресурсов, но и для сохранения здоровья человека, охраны окружающей среды и устойчивого развития городской застройки.

На сегодняшний день на основании российской классификации, разработанной в ГОСТ Р 54862—2011⁶, можно выделить четыре класса зданий, отличающихся по энергоэффективности и используемым системам автоматизации, а также методам управления инженерными системами. При проектировании жилых зданий и объектов общественного назначения установлены следующие классы эффективности системы автоматизации управления зданием:

– класс D присваивается для объектов, в которых отсутствует необходимость использования системы автоматизации и управления зданиями (BACS) для управления энергоэффективностью (здания относятся к числу неэнергоэффективных, при проектировании не учтены системы автоматизации зданий, методы управления инженерными системами);

– класс C соответствует объектам, в которых используются упрощенные BACS (данный класс зданий считается «стандартным» или единичным, последующие классы по характеристикам отталкиваются от него);

– класс B установлен для объектов, в которых используются усовершенствованные BACS и некоторые определенные функции технического управления зданиями (ТВМ), — это «повышенный» класс энергоэффективных объектов;

– класс A ориентирован на объекты, в которых используются энергетически высокоэффективные BACS и ТВМ (самый «высокий» класс из существующих по энергоэффективности объекта).

Архитектура предлагаемой системы поддержки принятия решений (СППР) предполагает возможность реализации программного обеспечения, которое позволит организовать процедуру оценки для разных объектов на основе разработанных критериев и принципов управления. Архитектура разработанной СППР представлена на рис. 1.

Основные действия, направленные на усовершенствование системы энергоэффективности объекта (перевода из класса в класс), можно разделить на три шага (Фриев, Погодин, 2019; Немова и др., 2014).

Шаг 1. Архитектурно-строительные меры направлены на осуществление процесса утепления ограждающих конструкций с созданием неразрывного контура теплоизоляции; использование долговечной теплоизоляции; монтаж окон с энергосберегающими стеклопакетами; установка теплоизолированных входных дверей.

Шаг 2. Модернизация инженерного оборудования: замена приборов и усовершенствование системы отопления, вентиляции, кондиционирования и освещения.

⁶ ГОСТ Р 54862—2011. Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания. Утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15.12.2011 № 1567-ст.

Шаг 3. Автоматизация инженерного оборудования: внедрение энергосберегающих технологий по управлению системами отопления, вентиляции, кондиционирования и освещения, а также использование специального программного обеспечения, осуществляющего функции по энергоэффективному управлению системами отопления, вентиляции, кондиционирования и освещения.

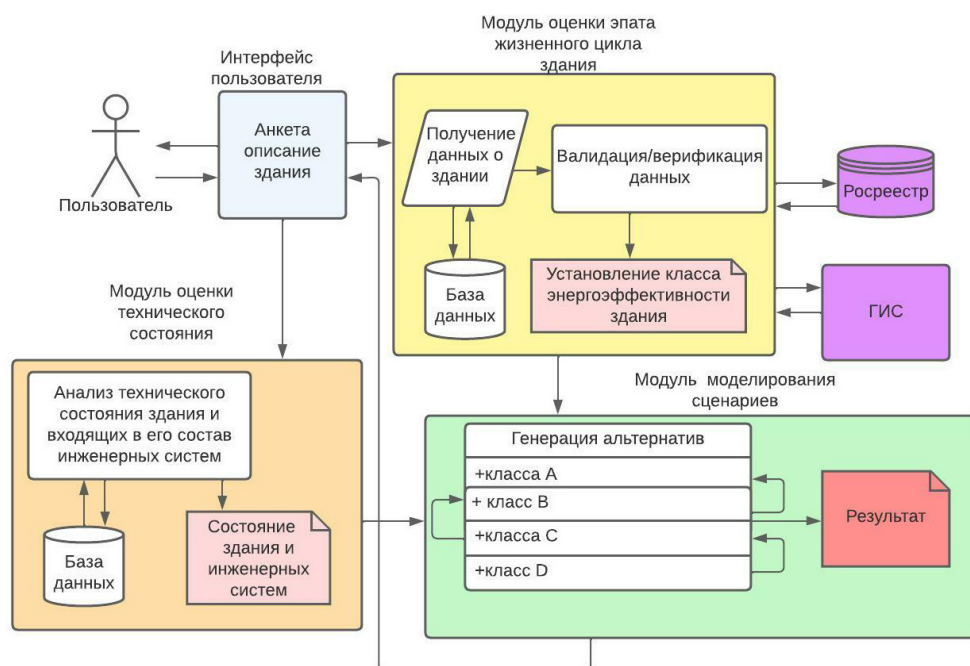


Рис. 1. СППР по управлению энергоэффективностью зданий

Каждый из представленных этапов (шагов) связан с необходимостью вложения значительного объема денежных средств и определенными рисками по срокам их окупаемости при дальнейшей эксплуатации объекта капитального строительства.

Таким образом, к числу основных факторов, учитываемых при принятии решений о проведении мероприятий, повышающих энергоэффективность зданий, относятся: объем требуемых инвестиций на модернизацию объекта, срок окупаемости инвестиций, достигаемый уровень экономии расходов и используемых ресурсов при эксплуатации. Цель представленной работы состоит в анализе эффективности внедрения в проекты программного обеспечения по автоматизации процессов работы систем отопления, вентиляции, кондиционирования и освещения.

3. Поддержка принятия решений по автоматизации инженерных систем зданий

Девелопер, собственник, государственные органы, потребители, а также иные участники инвестиционного процесса развития территории муниципального образования могут быть лицами, принимающими решение о создании или процессе последующего развития объекта капитального строительства, сталкивающимися с неопределенностью в связи с неполным объемом

Поддержка принятия решений по повышению энергоэффективности городской инфраструктуры исходной информации по проекту. Кроме того, для достижения требуемого эффекта по реализации поставленных целей необходима минимизация рисков по утверждаемым проектам, рациональное использование финансовых ресурсов и последующая окупаемость вложенных инвестиций.

Для принятия взвешенного и обоснованного решения в рамках проводимого исследования был использован метод анализа иерархий, позволяющий провести декомпозицию задачи исследования, структурировать процесс и выявить критерии, позволяющие проанализировать все возможные альтернативные варианты развития объекта (Савина и др., 2019; Беллман, Заде, 1976).

В качестве критериев для анализа эффективности принимаемых решений выявлены:

- G1 — расходы (затраты) на реализацию проекта;
- G2 — достигаемый уровень энергоэффективности объекта капитального строительства — объем необходимых ресурсов (используемой энергии);
- G3 — эстетический (внешний) вид объекта исследования;
- G4 — влияние объекта на окружающую среду (формирование климата городской среды);
- G5 — комфорт пребывания для потенциального потребителя;
- G6 — срок окупаемости вложенных инвестиций.

Возможные варианты развития объекта, как было отмечено выше, основываются на стадии осуществления (прохождения) жизненного цикла проекта. Рассмотрим три варианта по реализации инвестиционно-строительного проекта развития существующего объекта капитального строительства.

Исходные данные по объекту исследования:

- назначение объекта капитального строительства — многоквартирный жилой дом;
- класс энергоэффективности — С;
- конструктивные решения проекта — панельный, 9-этажный.

Поскольку текущий класс энергоэффективности проекта позволяет предложить корректирующие действия по развитию проекта, в качестве альтернативных вариантов будут рассмотрены:

- X1 — проект по повышению энергоэффективности здания до класса А;
- X2 — проект по повышению энергоэффективности здания до класса В;
- X3 — сохранение текущего класса С.

Решение представленной многокритериальной задачи — на рис. 2 и 3.

Ввести названия критериев	Матрица попарных сравнений для расходов (затраты) на реализацию проекта =	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>повышение ЭЭ</th> <th>повышение ЭЭ</th> <th>сохранение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>повышение ЭЭ здания до класса А</td> <td>1</td> <td>0,9</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>повышение ЭЭ здания до класса В</td> <td>1,11111111111111...</td> <td>1</td> <td>0,44444444444444...</td> </tr> <tr> <td>сохранение текущего класса С</td> <td>2,5</td> <td>2,25</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>					повышение ЭЭ	повышение ЭЭ	сохранение	повышение ЭЭ здания до класса А	1	0,9	0,4	повышение ЭЭ здания до класса В	1,11111111111111...	1	0,44444444444444...	сохранение текущего класса С	2,5	2,25	1
		повышение ЭЭ	повышение ЭЭ	сохранение																	
повышение ЭЭ здания до класса А	1	0,9	0,4																		
повышение ЭЭ здания до класса В	1,11111111111111...	1	0,44444444444444...																		
сохранение текущего класса С	2,5	2,25	1																		
Ввести названия альтернатив	Матрица попарных сравнений для достигаемый уровень энергоэффективности =	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>повышение ЭЭ</th> <th>повышение ЭЭ</th> <th>сохранение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>повышение ЭЭ здания до класса А</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>повышение ЭЭ здания до класса В</td> <td>0,33333333333333...</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>сохранение текущего класса С</td> <td>0,16666666666666...</td> <td>0,5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>					повышение ЭЭ	повышение ЭЭ	сохранение	повышение ЭЭ здания до класса А	1	3	6	повышение ЭЭ здания до класса В	0,33333333333333...	1	2	сохранение текущего класса С	0,16666666666666...	0,5	1
		повышение ЭЭ	повышение ЭЭ	сохранение																	
повышение ЭЭ здания до класса А	1	3	6																		
повышение ЭЭ здания до класса В	0,33333333333333...	1	2																		
сохранение текущего класса С	0,16666666666666...	0,5	1																		
Ввести данные																					

Рис. 2. Попарное сравнение альтернативных вариантов по установленным критериям

Векторы приоритетов для эстетического (внешний) вид объекта =	повышение ЭЭ здания до класса А	повышение ЭЭ здания до класса В	сохранение текущего класса С	Векторы приоритетов для влияние объекта на окружающую среду =	повышение ЭЭ здания до класса А	повышение ЭЭ здания до класса В	сохранение текущего класса С
	0,788732394366...	0,112676056338...	0,098591549295...		0,774193548387...	0,129032258064...	0,096774193548...

Рис. 3. Векторы приоритетов по установленным критериям

Итоговое решение по проведенному исследованию отражено на рис. 4.

Пересечение частных критериев (Нечёткое решение)	Переход от класса С к классу А	Переход от класса С к классу В	Сохранение текущего класса С
	0,631578947368...	0,294117647058...	0,084745762711...

Рис. 4. Вектор глобальных приоритетов

Проведенный анализ показал, что наиболее предпочтительным является вложение инвестиций в повышение энергоэффективности здания до класса А. Внедрение автоматизации в инженерную систему здания позволит сократить эксплуатационные затраты в течение жизненного цикла объекта. Безусловно, наиболее привлекательным вариантом внедрения инвестиций является начальная стадия развития проекта (стадия проектирования), но даже на стадии разработки проекта расходы на осуществление автоматизации процесса для зданий класса А будут значительными в сравнении с требуемым объемом инвестиций на создание объектов классов В и С.

Однако при дальнейшей эксплуатации объекта преимущества будет приобретать именно система класса А, поскольку позволит экономить энергию, необходимую для работы инженерных систем здания. Помимо оптимизации энергосбережения будет достигнут необходимый микроклимат внутри каждого помещения, а также сократятся ресурсы (расходы), связанные с эксплуатацией объекта. Комфортный микроклимат оказывает важное воздействие на снижение заболеваемости, повышение производительности (Садовникова и др., 2022).

Программное обеспечение для автоматизации инженерных систем позволит сократить численность обслуживающего персонала, уменьшить износ оборудования и увеличить продолжительность межремонтного цикла. Кроме того, информационная инфраструктура дает возможность совершенствовать определенные процессы. Так, например, контроль по возникновению внештатных ситуаций может выполняться удаленно с помощью веб-приложений, установленных на мобильные устройства.

Заключение

Представленный в исследовании подход обосновывает необходимость мероприятий по переходу на наиболее высокий класс энергоэффективности зданий. Механизм преобразования инженерных систем объектов капитального строительства путем совершенствования энергосбережения при эксплуатации позволит снизить уровень загрязнения городской среды за счет сокращения уровня выделяемых вредных парниковых газов в окружающую среду.

Поддержка принятия решений по повышению энергоэффективности городской инфраструктуры

Введение интеллектуальной инженерной системы для текущего содержания и обслуживания объекта даст возможность рационально использовать энергетические ресурсы, а интеграция автоматизированных инженерных систем в создаваемую или существующую инфраструктуру жизнеобеспечения объектов будет способствовать повышению комфорта жителей и устойчивому развитию урбанизированных территорий.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Абрамян С. Г., Матвийчук Т. А. К вопросу об энергетической эффективности зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3993> (дата обращения: 27.10.2022).

Алоян Р. М., Федосов С. В., Опарина Л. А. Энергоэффективные здания — состояние, проблемы и пути решения. Иваново: ПресСто, 2016. 276 с.

Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С.172—215.

Горшков А. С., Ливчак В. И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3(30). С. 7—37.

Лысёв В. И., Шилин А. С. Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2017. № 2. С. 18—25.

Немова Д. В., Горшков А. С., Ватин Н. И., Кашабин А. В., Цейтин Д. Н., Рымкевич П. П. Техничко-экономическое обоснование по утеплению наружных стен многоквартирного жилого здания с устройством вентилируемого фасада // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11(26). С. 70—84.

Опарина Л. А. Определение понятия «энергоэффективное здание» // Жилищное строительство. 2010. № 8. С. 2—4.

Савина О. В., Садовникова Н. П., Молодцова И. А., Парыгин Д. С. Поддержка принятия решений в задачах управления имущественным комплексом муниципального образования // Сб. науч. тр. VI междунар. конф. «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» (14—19 декабря 2019 г.). Томск, 2019. С. 167—174.

Садовникова Н. П., Пригарин Е. А., Финогеев А. Г., Якименко Д. А. Визуализация данных экологического мониторинга городской среды // Социология города. 2022. № 1-2. С. 68—80.

Фриев А. М., Погодин Д. А. Исследование методов повышения энергоэффективности жилых зданий // Вестник Евразийской науки. 2019. № 5. С. 49—57.

Gupta J., Chakraborty M. Energy efficiency in buildings // Sustainable Fuel Technologies Handbook. 2021. P. 457—480.

Hernandez P., Oregi X., Longo S., Cellura M. Life-Cycle Assessment of Buildings // Handbook of Energy Efficiency in Buildings. 2019. Pp. 207—261.

Kondrashov A., Trinchenco A. Reducing utility bills through the introduction of energy efficient systems // Construction of Unique Buildings and Structures. 2022. Vol. 102. Art. no. 10202.

Tricoire J.-P. Why buildings are the foundation of an energy-efficient future // World Economic Forum. 2021. 22 February. URL:

<https://www.weforum.org/agenda/2021/02/why-the-buildings-of-the-future-are-key-to-an-efficient-energy-ecosystem> (accessed: 27.10.2022).

Yi Ch., Bing X. Building as Major Energy Consumer // Encyclopedia of Sustainable Technologies. 2017. Pp. 137—148.

Research Article

Oksana V. Savina

Senior Lecturer of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: nov1984@yandex.ru

Danila S. Parygin✉

Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: dparygin@gmail.com

Anton A. Finogeev

Candidate of Engineering Sciences, Docent of Computer-Aided Design Systems Department, Penza State University. 40, Krasnaya st., Penza, 440026, Russia;
e-mail: fanton3@ya.ru

Artyom D. Chikin

Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: artyom.chikin@gmail.com

Artem G. Shcherbakov

Master's Degree Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: artem.shcherbakov01@gmail.com

DECISION SUPPORT FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF URBAN INFRASTRUCTURE FACILITIES⁷

Abstract. The article considers an approach to supporting decision-making on the implementation of sustainable development of urbanized territories of the municipality based on improving the efficiency of the use of communal

⁷ The study has been supported by the grant from the Russian Science Foundation and the Administration of the Volgograd Oblast (Russia) No. 22-11-20024, URL: <https://rscf.ru/en/project/22-11-20024/>. The research results presented in section 3 were obtained within the grant of the Russian Science Foundation No. 20-71-10087 (accessed: 26.10.2022).

resources. A method for choosing options for improving the management of engineering systems (heating, ventilation and air conditioning) to achieve the target class of energy efficiency of buildings, improve the aesthetic appearance of existing and constructed facilities is proposed. The factors of development of energy efficiency of building objects are analyzed. The expediency of introducing software products for automating the management of engineering systems in the design of modern capital construction projects is substantiated on the basis of the hierarchy analysis method. The chosen research method in making managerial decisions correlates with a complex system of interdependent components (necessary resources, goals to be achieved, objects of influence, deadlines for implementation, etc.) that require analysis, forecasting, and also reveals the most important criteria for evaluating alternative options for the development of objects. The use of this approach in the design and construction of buildings will improve the operational properties of the created objects, minimize the risks of investing, optimize the costs of the current maintenance of buildings and structures. The ability to choose informed decisions will also make it possible to contribute to the preservation and improvement of the ecology of urban space, as well as to increase the comfort of city residents' stay in residential and non-residential facilities.

Keywords: decision support, sustainable development of urban areas, improvement of engineering systems, energy efficient building, hierarchy analysis method.

For citation: Savina O. V., Parygin D. S., Finogeev A. A., Chikin A. D., Shcherbakov A. G. (2022) Decision support for improving the energy efficiency of urban infrastructure facilities. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 4, pp. 58—69 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2022_4_58

Acknowledgments

The authors express gratitude to their colleagues in the Department of Digital Technologies for Urban Studies, VSTU involved in the development of the project.

REFERENCES

- Abramyan S. G., Matviychuk T. A. (2017) On the issue of energy efficiency of buildings and structures. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 1 (in Russian). URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3993> (accessed: 27.10.2022).
- Aloyan R. M., Fedosov S. V., Oparina L. A. (2016) *Energoeffektivnyye zdaniya — sostoyaniye, problemy i puti resheniya* [Energy efficient buildings — state, problems and solutions]. Ivanovo: PresSto (in Russian).
- Bellman R., Zadeh L. (1976) *Voprosy analiza i protsedury prinyatiya resheniy* [Decision making under vague conditions], pp. 172—215 (in Russian).
- Friev A. M., Pogodin D. A. (2019) Study of methods for improving the energy efficiency of residential buildings. *Vestnik Yevraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science], no. 5, pp. 49—57 (in Russian).
- Gorshkov A. S., Livchak V. I. (2015) History, evolution and development of regulatory requirements for building envelopes. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of unique buildings and structures], no. 3(30), pp. 7—37 (in Russian).

- Gupta J., Chakraborty M. (2021) Energy efficiency in buildings. *Sustainable Fuel Technologies Handbook*, pp. 457—480.
- Hernandez P., Oregi X., Longo S., Cellura M. (2019) Life-Cycle Assessment of Buildings. *Handbook of Energy Efficiency in Buildings*, pp. 207—261.
- Kondrashov A., Trinchenco A. (2022) Reducing utility bills through the introduction of energy efficient systems. *Construction of Unique Buildings and Structures*, vol. 102, art. no. 10202.
- Lysev V. I., Shilin A. S. (2017) Directions for improving the energy efficiency of buildings and structures. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovaniye»* [Scientific journal NRU ITMO. Refrigeration and air conditioning series], no. 2, pp. 18—25 (in Russian).
- Nemova D. V., Gorshkov A. S., Vatin N. I., Kashabin A. V., Tseitin D. N., Rymkevich P. P. (2014) Feasibility study for the insulation of the outer walls of an apartment building with a ventilated facade. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of unique buildings and structures], no. 11 (26), pp. 70—84 (in Russian).
- Oparina L. A. (2010) Definition of an «Energy Efficient Building. *Zhilyshchnoye stroitel'stvo* [Housing construction], no. 8, pp. 2—4 (in Russian).
- Sadovnikova N. P., Prigarin E. A., Finogeev A. G., Yakimenko D. A. (2022) Visualization of data of ecological monitoring of the urban environment. *Sotsiologiya goroda* [Urban Sociology], no 1-2, pp. 68—80 (in Russian).
- Savina O. V., Sadovnikova N. P., Molodtsova I. A., Parygin D. S. (2019) Support for decision-making in the tasks of managing the property complex of the municipality. *Sb. nauch. tr. VI mezhdunar. konf. «Informatsionnye tekhnologii v nauke, upravlenii, sotsial'noi sfere i meditsine» (14—19 dekabrya 2019 g.)* [Proceedings of the International Conference on Information technologies in science, management, social sphere and medicine], pp. 167—174 (in Russian).
- Tricoire J.-P. (2021) Why buildings are the foundation of an energy-efficient future. *World Economic Forum*. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2021/02/why-the-buildings-of-the-future-are-key-to-an-efficient-energy-ecosystem> (accessed: 27.10.2022).
- Yi Ch., Bing X. (2017) Building as Major Energy Consumer. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, pp. 137—148.

Поступила в редакцию 21.12.2022

Received 21.12.2022

Принята в печать 27.12.2022

Accepted for publication 27.12.2022