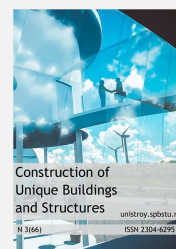




Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru



doi: 10.18720/CUBS.66.1

Энергетическая устойчивость жилой застройки как критерий комплексной оценки энергосистемы города

Energy sustainability of residential development as the assessment criterion of city energy-system

О.Н. Попова ^{1*}, Ю.М. Глебова ²

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17

O.N. Popova ^{1*}, Y.M. Glebova ²

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Severnaya Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia; 163002

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

энергоэффективность;
энергетических параметров урбанизированных территорий;
энергетическая устойчивость;
разработка и реализация проектов урбанизации;
ГИС;

KEYWORDS

energy efficiency;
energy parameters of urban areas;
energy stability;
production and management of urbanisation projects;
GIS;

ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 14.10.2017
Принята: 19.03.2018

ARTICLE HISTORY

Submitted: 14.10.2017
Accepted: 19.03.2018

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты комплексного экспериментально-аналитического исследования энергопараметров застройки – обследование объектов строительства и определение расчетных энергопараметров (сопротивление теплопередаче) с учетом их технического состояния. Предложена методология оценки энергопараметров жилой застройки на основе структурного анализа объектов с использованием самоорганизующихся карт Т. Кохонена (SOM). SOM позволили произвести кластеризацию жилищного фонда (на примере г. Архангельска) в группы, имеющих сходство технико-эксплуатационных и энергетических параметров. Методика учитывает синергетическое влияние характеристик самого объекта и территории, на которой он расположен. Позволяет оценить энергопараметры объектов каждого кластера путем их сравнения с эталонными значениями (нормативными), а также друг с другом. Получено 7 кластеров, объединенных в группы, отличающиеся стратегиями развития (перечень возможных воспроизводственных мероприятий): объекты с теплопотерями, соответствующие нормативам, в хорошем состоянии пригодные для дальнейшей эксплуатации; объекты с наибольшими теплопотерями в удовлетворительном состоянии пригодные для дальнейшей эксплуатации; объекты с высокими теплопотерями в неудовлетворительном состоянии. Объекты городской застройки, образующие кластер отображены на геоинформационной основе – теплокарте. Созданная теплокарта показывает общее состояние территории по уровню энергетической устойчивости жилой застройки. Выявлено, что основная часть объектов капитального строительства не соответствует требованиям энергоэффективности. Среднее значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (стен) жилой застройки центральной части г. Архангельск в два раза ниже нормативного значения. На основе предложенных типовых стратегий развития объектов должны разрабатываться адресные программы развития отдельных территории (например, кварталов) с учетом характеристик совокупности сформированной жилой застройки.

ABSTRACT

The article presents the results of a complex experimental-analytical research of residential development energy parameters - survey of construction sites and determination of calculated energy parameters (resistance to heat transfer) considering their technical condition. The authors suggest a methodology for assessing residential development energy parameters on the basis of construction project's structural analysis with the use of Kohonen's self-organizing maps (SOM). SOM clustering permitted to divide the housing stock (on the example of Arkhangelsk city) into groups with similar technical-operational and energy parameters. The methodology for index assessment takes into account the synergistic influence of the characteristics of the construction project itself and the area

where it is located. It is also possible to measure energy parameters of construction project of each cluster by comparing them with reference (normative) measures and also with each other. 7 clusters are obtained and grouped together by different development strategies (a list of possible reproductive activities): objects with heat losses that meet the standards, in good condition suitable for long-term operation; objects with the greatest heat losses in a satisfactory condition suitable for further operation; objects with high heat losses in unsatisfactory condition. Urban development projects forming a cluster are displayed on a geo-information basis – the heat map. The designed heat map shows the general condition of the area by the level of residential development energy sustainability. It was revealed, the main part of capital construction projects does not meet the requirements of energy efficiency. The design resistance to heat transfer of the residential development cladding (walls) in the central part of the Arkhangelsk is twice lower than the normative value. On the basis of the proposed strategies it is possible to develop targeted development programs for individual areas (for example quarters) taking into consideration the characteristics of the formed residential development aggregate.

Содержание

1.	Введение	8
2.	Методика	9
3.	Результаты и обсуждения	10
4.	Заключение	15

1. Введение

Современные научные работы в области ресурсосбережения в строительстве имеют несколько направлений исследований. Например, часть исследований посвящены разработкам и внедрению энергоэффективных конструкций и узлов объектов капитального строительства, а также применению современных технологий строительного производства [1-3]. Отдельные работы направлены на изучение температурно-влажностных, энергетических, прочностных и эксплуатационных характеристик современных композиционных строительных материалов [4-7]. Другие исследования ограничиваются изучением только энергетических характеристик ограждающих конструкций [8-10]. Вопросы энергетической эффективности применения современных и инновационных изделий и конструкций в новом строительстве и при выполнении ремонтно-строительных работ на существующих объектах также рассматриваются в работах многих авторов [11-13]. Проводятся исследования объектов капитального строительства с применением энергетического моделирования внутренних и внешних факторов, влияющих на теплопотребление здания с учетом климатических особенностей различных территорий [14-19]. Некоторые исследования рассматривают энергетическую эффективность отдельных систем внутреннего санитарно-технического оборудования зданий с внедрением современных высокотехнологичных решений и расчетом их экономической окупаемости [20-22]. И, конечно, широко исследуется применение альтернативных источников энергии [23-25].

Вопросы развития территорий рассматриваются авторами в части применения энергоэффективных организационно-управленческих методов реконструкции существующей застройки с учетом типов застройки (в основном рассматривается жилая застройка) и классов энергетической эффективности зданий и сооружений [26-28]. Исследования в области градостроительства затрагивают проблемы планирования развития застройки в крупных городах, экологические аспекты развития территорий [29-31].

Таким образом, проведенный анализ показал отсутствие взаимосвязи между организационно-управленческими механизмами реализации энергоэффективных градостроительных мероприятий с проектными и технологическими энергоэффективными решениями. В современных условиях для интенсификации процесса повышения энергоэффективности с внедрением современных высокотехнологичных решений необходимо применение комплексного организационно-технологического подхода к энергоэффективной реновации существующей застройки и градостроительному планированию застройки на свободных территориях. Важной составляющей энергетической устойчивости территории в целом, являются энергопараметры застройки, так как она - один из основных потребителей энергетических ресурсов.

Объектом данного исследования является энергетическая система городской жилой застройки с определенным набором характеристик, а цель - разработка методики оценки энергопараметров застройки территории. Задачи работы:

- мониторинг энергопараметров застройки города;
- определение механизмов повышения уровня энергетической устойчивости территории;
- формирование типового перечня воспроизводственных мероприятий для различных классов жилой застройки.

2. Методика

Проведенные авторами исследования [32] позволили выявить и уточнить комплексные характеристики энергосистемы территории урбанизированной застройки. Совокупность параметров энергобезопасности, энергоемкости и динамических показателей энергоэффективности всех составляющих элементов энергосистемы территории определяет ее комплексную оценку – энергетическую устойчивость территории.

Методика оценки энергопараметров застройки территории заключается в выявлении перечня энергопараметров (формирование факторного пространства), комплексной оценке объектов по выбранным параметрам, определение механизмов повышения уровня энергетической устойчивости территории. Методика включает в себя:

1. Экспериментально-аналитическое исследование энергопараметров застройки.

Экспериментально-аналитическое исследование энергопараметров заключается в обследовании существующей застройки: определение назначения здания; технико-эксплуатационных, энергетических и прочих характеристик объектов строительства; прогнозировании комплексного воспроизводства существующей застройки (новое строительство, капитальный ремонт, модернизация и пр.).

Методика применима для объектов существующей и новой застройки различного назначения (общественных, жилых, производственных зданий). Возможность нового строительства зависит от наличия свободных мощностей существующих источников энергии или наличия альтернативных источников энергии (технической возможности подключения к инженерным сетям, оснащённость инженерными коммуникациями, наличия свободных мощностей тепловой энергии). Возможность воспроизводственных мероприятий для существующей застройки (капитальный ремонт, модернизация и пр.) определяется, главным образом, технологическими возможностями и экономической эффективностью проектов [33-36].

В исследовании технико-эксплуатационных и энергетических параметров участвовали объекты существующей застройки в границах определённой административно-территориальной единицы. Формируется информационно-аналитическая база данных, включающая в себя следующие группы характеристик застройки:

- функциональное назначение объектов капитального строительства: жилые, общественно-деловые, производственные и прочие здания;
- объёмно-планировочные и конструктивные решения зданий – тип здания (серия), конструкция и приведенное сопротивление теплопередаче основных ограждающих конструкций (стен) [37,38];
- техническое состояние зданий – год постройки, физический износ [39];
- признаки морального устаревания – оснащённость инженерными коммуникациями, возможность перепланировки помещений, площадные характеристики.

Авторами принято допущение: приведенное сопротивление теплопередаче (R_0^{np}) определяется исходя из поэлементных и санитарно-гигиенических требований согласно п.5 СП 50.13330.2012 [37] для основных ограждающих конструкций (стен), без учета коэффициента теплотехнической неоднородности [38]. Единицы измерения R_0^{np} ($m^2 \times ^\circ C / Wt$) приняты в соответствии с действующими нормативными требованиями на территории РФ [37].

Производится классификация зданий по выбранным характеристикам. Итогом первого этапа является формирование факторного пространства и базы данных.

2. Структурный анализ застройки урбанизированной территории по энергопараметрам путем кластеризации с использованием самоорганизующихся карт (SOM).

На основе сформированной базы, включающей многомерные данные характеристик объектов застройки, произведём их структурный анализ с использованием программного продукта Deductor Studio Academic, платформы - самоорганизующиеся карты Кохонена (SOM). Здания и сооружения различного назначения группируются по наибольшему сходству выбранных характеристик. Полученные группы объектов (кластеры) имеют высокий уровень сходства характеристик внутри одной группы.

3. Разработка стратегии повышения уровня энергоустойчивости застройки для каждой группы объектов.

Каждая группа объектов может быть описана средними, свойственными группе, значениями параметров. После чего для объектов каждой группы формируется стратегия их развития, включая

необходимый перечень и объемы воспроизводственных мероприятий для повышения энергоустойчивости застройки с учетом объемов и эффективности капитальных вложений.

4. Визуализация данных при помощи геоинформационных систем (ГИС) [40].

Исследуемые объекты городской застройки отображаются на геоинформационной карте. Визуализация данных при помощи ГИС (Программный продукт QGIS 2.18) позволяет представить объекты урбанизированной застройки с их описанием и привязкой к геооснове. Возможность формирования тематических теплокарт позволяет оценить общее состояние энергоустойчивости территории.

3. Результаты и обсуждения

Авторы исследовали энергопараметры жилой застройки на примере г. Архангельска. Город является одним из самых крупных морских портов на Северо-западе России. Климат морской субарктический с довольно продолжительной зимой и совсем коротким прохладным летом. Климатические особенности территории определяют конструктивные и энергетические характеристики застройки.

Жилищный фонд города Архангельска имеет длительную историю формирования и представляет совокупность объектов строительства различных периодов индивидуальной и серийно-массовой застройки. Каждый период характеризуется особенностями технологий, материалов, норм проектирования и строительства. К текущему моменту времени любая городская застройка сформировала свою идентичность. Это выражается в едином для любой территории факторном пространстве (имеют одинаковый перечень характеристик), но различных значениях этих факторов для каждой территории в отдельности.

Основная часть жилой застройки города сформировалась в периоды с 1900-1950 гг. и 1950-1980 гг. и представлена: деревянными индивидуальными домами и домами барачного типа; кирпичными и панельными зданиями типовых серий; зданиями крупнопанельного домостроения. Подобный тип застройки характерен для большей части существующих урбанизированных территорий Арктической зоны.

3.1 Экспериментально-аналитическое исследование энергопараметров городской жилой застройки

В результате исследований сформирован массив данных, который содержит актуальную информацию о характеристиках жилых зданий в количестве 2196 шт., находящихся в центральной части города.

Энергетические параметры жилой застройки определены наиболее существенными элементами сравнения:

1. Характеристики существующего жилищного фонда:

- объемно-планировочные решения (тип, серия дома, этажность, общая площадь здания);
- год постройки;
- приведенное сопротивление теплопередаче основных ограждающих конструкций здания (стен) (R_0^{np} , $m^2 \times ^\circ C / Bt$) определено расчетным методом [37, 38] на основе типовых проектных решений с учетом применяемых при строительстве материалов. Общие характеристики жилищного фонда различных периодов застройки структурированы и представлены в таблице 1;
- техническое состояние (физический износ здания) [39];
- моральное устаревание (наличие (оснащенность) внутридомовых инженерных коммуникаций — теплоснабжение, водоснабжение и водоотведение, электрификация).

Таблица 1. Укрупненное структурирование жилищного фонда г. Архангельск

Год постройки	Серия, тип дома	Материал стен	R_0^{np} , $m^2 \times ^\circ C / Bt$ [37]	Техническое состояния (физический износ [39]), %	Моральное устаревание
1930-1960	Деревянные многоквартирные дома (2 и 3 подъездные)	Дерево, брус 150*150 мм.	1,43	Неудовлетворительное – 45-60 %; Ветхое – 61-80%	В основном отсутствие подключения к одному или нескольким инженерным сетям города (центральное отопление, водоснабжение, водоотведение)

Год постройки	Серия, тип дома	Материал стен	$R_0^{пр}, \text{м}^2 \times \text{°C/Вт}$ [37]	Техническое состояние (физический износ [39]), %	Моральное устаревание
1950-1960	«Сталинки» послевоенного периода постройки	Кирпич керамический толщиной в 2 - 2,5 кирпича	0,91	Неудовлетворительное – 45-55 %	Не выявлено
1958-1965	Типовые жилые дома серии 1-464А «хрущевки»	Однослойные панели керамзитобетон	0,77	Неудовлетворительное – 41-50 %	малые площади кухонь (4-6 кв.м); наличие совмещенных санитарно-технических узлов; невозможность перепланировки; низкая звукоизоляция
1960-1970	Типовые жилые дома серии 1-335 «хрущевки»	Двухслойные железобетонные панели	0,43	Неудовлетворительное – 41-50 %	малые площади кухонь (4-6 кв.м); низкие потолки; узкие коридоры и небольшие лестничные клетки; наличие совмещенных санитарно-технических узлов; невозможность перепланировки; низкая звукоизоляция
1965-1975	Типовые жилые дома серии 1-335-АК-11 «ульяновка»	Двухслойные железобетонные панели	0,43	Удовлетворительное – 35-40 %; Неудовлетворительное – 41-45 %	малые площади кухонь (4-6 кв.м); невозможность перепланировки; низкая звукоизоляция
1960-1980	Типовые жилые дома серии 1-447; 1-447С-47; 1-447С-48 «брежневки»	Кирпич силикатный толщиной в 2 - 2,5 кирпича	0,68	Удовлетворительное – 35-40 %; Неудовлетворительное – 41-45 %	малые площади кухонь (4-6 кв.м)
1985-1998	Типовые жилые дома серии 111-93	Железобетонные трехслойные панели	3,55	Удовлетворительное – 31-40 %	Не выявлено
с 1990	Индивидуальные жилые дома коттеджного типа	Деревянные, смешанной конструкции применением энергоэффективного утеплителя	4,06	Хорошее – до 20 %; Удовлетворительное – 31-35 %	Не выявлено
с 2000	Типовые жилые дома серии 93 улучшенная с облицовкой	Железобетонные панели, эффективный утеплитель, облицовочный кирпич	3,56	Хорошее – до 20 %; Удовлетворительное – 31-35 %	Не выявлено
С 1990	Жилые дома индивидуальной планировки	Керамический кирпич толщиной в 2 - 2,5 кирпича с эффективным утеплителем	4,33	Хорошее – до 20 %	Не выявлено

2. Характеристики территории для нового строительства:

— наличие свободных от застройки земельных участков или наличие застроенных земельных участков, требующих обновления посредством сноса объектов и нового строительства;

— наличие свободных мощностей энергии – определено возможностью подключения объектов нового строительства к сетям инженерного обеспечения. В настоящем исследовании использованы значения прироста тепловой нагрузки (Гкал/ч) за период с 2018-2027 гг. и уровень загрузки центров электропитания по районам города [41].

3.2 Кластеризация объектов городской жилой застройки с использованием SOM

Кластеризация позволила выявить однородные группы объектов с высоким уровнем сходства технико-эксплуатационных и энергетических характеристик объектов, входящих в одну группу (Таблица 2).

В результате исследований выявлено, что основная часть объектов капитального строительства не соответствует требованиям энергоэффективности [37, 42-44], находится в неудовлетворительном техническом состоянии [39], обладает признаками морального устаревания. Среднее значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (стен) жилой застройки центральной части г. Архангельск составляет $R_0^{np} = 1,79 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что в два раза ниже нормативного значения ($R_{req} = 3,54 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$).

Таблица 2. Кластеризация жилищного фонда центральной части г. Архангельск.

№ кластера	Кол-во объектов, шт.	Период постройки	Материал ограждающих конструкций, тип объекта	Техническое состояние (физический износ здания [39], %)	Оснащённость инженерными сетями	R_0^{np} , $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Соответствие нормам	Наличие свободных мощностей энергии
0	29	1995-2015	древесина, эффективные теплоизоляционные материалы – индивидуальные жилые дома	хорошее и удовлетворительное (10-35%)	частично	4,2	да	достаточно
1	151	1980-2014	кирпич с теплоизоляционными материалами, крупнопанельное домостроение – многоэтажные дома	хорошее и удовлетворительное (20-40%)	полностью	4,07	да	достаточно
2	138	1960-2014	кирпич с теплоизоляционными материалами, крупнопанельное домостроение – многоэтажные дома	хорошее и удовлетворительное (20-40%)	полностью	4,04	да	ограниченно
3	198	1940-1995	кирпич силикатный – массовые серии; кирпич керамический – послевоенный период, железобетон – панельные дома советского периода	удовлетворительное, неудовлетворительное (30-65%)	полностью	0,61	нет	достаточно
4	307	1920-1985	кирпич керамический – послевоенный период; железобетон – панельные дома советского периода	удовлетворительное, неудовлетворительное (30-65%)	полностью	0,64	нет	ограниченно
5	626	1900-1980	древесина – 2-3 подъездные многоквартирные дома барачного типа, индивидуальные жилые дома	удовлетворительное, неудовлетворительное, ветхое (40-90%); частично с капитальным ремонтом	частично (электрификация)	1,43	нет	достаточно
6	747	1900-1980	древесина – 2-3 подъездные многоквартирные дома барачного типа, индивидуальные жилые дома	удовлетворительное, неудовлетворительное, ветхое (40-90%); частично с капитальным ремонтом	частично (электрификация)	1,43	нет	ограниченно

3.3 Разработка стратегии повышения уровня энергоустойчивости застройки для каждой группы объектов

Сравнительный анализ характеристик групп объектов с эталонными значениями (нормативными), а также друг с другом позволил определить общие для групп стратегии развития, включая перечень возможных воспроизводственных мероприятий [45, 46] (таблица 3).

Таблица 3. Характеристики кластеров жилищного фонда центральной части г. Архангельск

Номер кластера	Характеристика кластера / Описание рекомендованных воспроизводственных мероприятий
0	Объекты с теплопотерями, соответствующие нормативам, в хорошем техническом состоянии пригодные для дальнейшей эксплуатации:
1	— выполнение текущих и капитальных ремонтов с учетом нормативных периодов их проведения; — модернизация существующей инженерной инфраструктуры (устройство полного комплекса инженерного благоустройства жилых объектов);
2	— новое строительство на свободных от застройки земельных участках при наличии свободных мощностей энергии (кластер 0 и 1).
3	Объекты с наибольшими теплопотерями в удовлетворительном техническом состоянии пригодные для дальнейшей эксплуатации:
4	— выполнение текущих и капитальных ремонтов с повышением сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (наружные стены, перекрытия, покрытия, оконные и дверные проемы) – энергоэффективный ремонт; — ремонт и/или замена внутридомового санитарно-технического оборудования; — новое строительство на свободных от застройки земельных участках при наличии свободных мощностей энергии (кластер 3).
5	Объекты с высокими теплопотерями в неудовлетворительном техническом состоянии:
6	— отсутствие экономического эффекта от энергоэффективного ремонта - выполнение воспроизводственных мероприятий поддерживающего характера до момента сноса; — снос объектов, новое строительство с учетом периода планирования финансовых затрат и наличия свободных мощностей энергии (кластер 5); — модернизация существующей инженерной инфраструктуры; — создание новых доступных мощностей для обновления застройки.

3.4 Визуализация данных при помощи ГИС

Объекты городской застройки, образующие кластер с определенным набором характеристик энергопараметров, отображены на геоинформационной основе – карте (рисунок 1). Созданная теплокарта отображает среднее расчетное приведенное сопротивление теплопередаче стен объектов капитального строительства в центральной части г. Архангельска. Градиентом красного цвета обозначены объекты, имеющие значение параметра меньше нормативного; градиентом синего цвета обозначены объекты, имеющие значение параметра больше нормативного.

В результате исследований выявлено, что основная часть объектов капитального строительства не соответствует требованиям энергоэффективности [37,42-44]. При этом данные кластерного анализа показывают, что подобные объекты относятся к кластерам 3-6. То есть это объекты, находящиеся в удовлетворительном, неудовлетворительном, ветхом и аварийном техническом состоянии и требующие проведения различного объема воспроизводственных мероприятий, включая капитальный ремонт, модернизацию, а также снос и новое строительство [39,45,46]. Количество объектов 3-6 кластеров 1878 шт., что составляет 85 % от общего количества объектов существующей жилой застройки в центральной части города.

На текущий момент с учетом имеющихся финансовых ресурсов для кластеров 3,4 – кирпичное и панельное домостроение послевоенного и советского периодов постройки (22% от общего количества объектов жилой застройки в центральной части города) наиболее эффективным является выполнение комплекса энергоэффективных ремонтов, направленных на снижение потребления ресурсов с учётом возможных технологий строительства, объемов и эффективности капитальных вложений. Техническое состояние объектов (средняя величина физического износа составляет 30-65%) позволит эксплуатировать их до следующего межремонтного периода [46].

Объекты кластеров 5,6 – деревянные 2-3 подъездные многоквартирные дома барачного типа и индивидуальные жилые дома, частично оснащенные инженерными коммуникациями (63% от общего количества объектов жилой застройки в центральной части города) – не соответствуют теплотехническим нормам, находятся в большей части в неудовлетворительном и ветхом техническом состоянии, не пригодны для дальнейшей эксплуатации. Наиболее экономически эффективным и инвестиционно-привлекательным будет снос объектов и новое строительство.

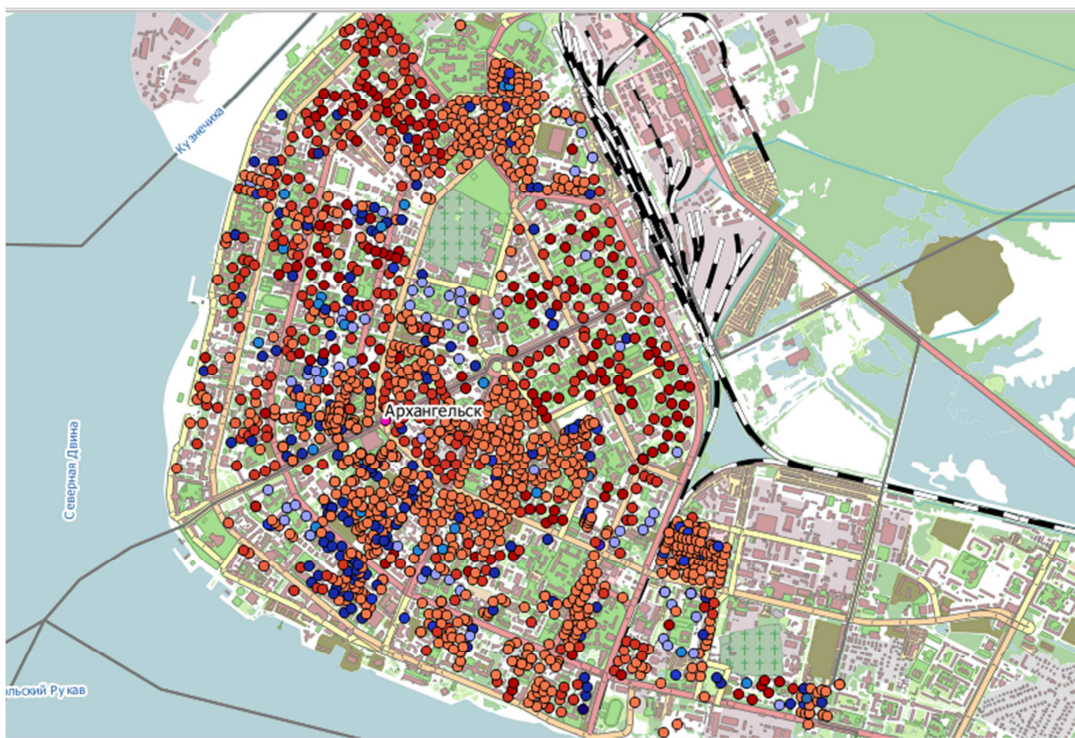


Рисунок 1. Теплокарта – кластеризация жилищного фонда центральной части г. Архангельск по энергопараметрам

Характеристики объектов жилищного фонда, как основной составляющей застроенной территории, позволяют сделать вывод о высокой энергетической емкости территории города Архангельска.

Кластеризация жилой городской застройки по энергопараметрам позволяет выявить группы объектов жилой застройки, нуждающиеся в обновлении, и предложить типовой перечень и объемы воспроизводственных мероприятий для каждой группы. На основе предложенных типовых стратегий развития объектов можно разработать адресные программы развития отдельных территорий (например, кварталов) с учетом характеристик совокупности сформированной жилой застройки. Адресные программы должны быть разработаны с учетом детальных обследований объектов (визуальных, инструментальных) и нормативных требований эксплуатации, а также возможной динамики выбытия жилой застройки. Плановая поточность выполнения строительно-монтажных работ позволит сократить их сроки и стоимость.

Стратегия развития для каждого кластера предполагает реализацию воспроизводственных мероприятий для повышения энергоустойчивости застройки, развития городского пространства, развития механизмов финансирования инвестиционно-строительных проектов.

Периодическое исследование энергопараметров застройки и изменение теплокарты характеристик объектов позволит не только следить за показателями энергоустойчивости, но визуализировать их на геоснове и оценить изменение энергосистемы города с привязкой к территории. Произведенный сравнительный анализ позволяет выявить группы объектов различного назначения, сравнить их энергопараметры с нормативными значениями (для любых территорий с учетом климатических особенностей), а также позволяет определить общие для групп зданий стратегии развития, включая возможные воспроизводственных мероприятий.

Исследования других авторов в области ресурсосбережения преимущественно относятся к изучению технологий строительного производства [1-3], энергетических характеристик материалов, изделий и конструкций [4-7,11-13], энергетических параметров отдельных объектов строительства и инфраструктуры [8-10,14-19] и не применяются к территориям, как к уникальным потребителям энергетических ресурсов с учетом своих особенностей. Рассматриваемый авторами организационно-технологический подход к энергоэффективной реновации существующей городской застройки и развития свободных территорий, в отличие от исследований других авторов [26-31], является комплексным и учитывает статические и динамические показатели элементов энергосистемы. Преимуществом предлагаемой авторами методики оценки энергопараметров застройки территории является возможность ее применения при решении любых задач в сфере управления недвижимым имуществом и территориальном развитии с учетом энергоустойчивости территории.

4. Заключение

Предложенная авторами методика является унифицированной для любого типа застройки и может быть адаптирована для применения на любой территории. Подобный подход учитывает не только требуемое снижение параметров потребления энергоресурсов для отдельных объектов, но и комплексное исследование, оценку параметров энергосистемы города, долгосрочное планирование воспроизводства объектов строительства и инженерной инфраструктуры (включая новое строительство, реконструкцию, модернизацию, капитальный и текущий ремонты) на территории муниципальных образований и регионов.

5. Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00662 мол_а

Литература

- [1]. Белоус А.Н., Оверченко М.В., Белоус О.Е. Утепление цокольного узла зданий с неотапливаемым подвалом // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2016, № 11 (50). С. 7-21 (doi: 10.18720/CUBS.50.1).
- [2]. Копылова А.И., Богомолова А.К., Немова Д.В., Энергетическая эффективность здания с применением технологии «зеленая кровля» // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №10 (49). С. 20-34.
- [3]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Оценка влажностного режима стен с фасадными теплоизоляционными композиционными системами // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 34-54.
- [4]. Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Титунин А.А., Асаткина Я.А. Показатели композитов из растительного сырья при изменениях температуры и влажности // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 3(71). С. 39–50. (doi: 10.18720/MCE.71.5).
- [5]. Портнягин Д.Г. Повышение теплозащиты узлов ограждающих конструкций зданий с применением пеностеклокристаллического материала // Инженерно-строительный журнал. 2015. №8(60). С. 56–67 (doi: 10.5862/MCE.60.7).
- [6]. Hassam Ur Rehman. Experimental performance evaluation of solid concrete and dry insulation materials for passive buildings in hot and humid climatic conditions. Applied Energy. 2017. Vol. 185. Pp. 1585–1594 (doi: 10.1016/j.apenergy.2016.01.026).
- [7]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Горшков А.С. Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 6. С. 19–33.
- [8]. Тарасова Д.С., Петриченко М.Р. Квазистационарные температурные режимы ограждающих конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 4(72). С. 28-35 (doi: 10.18720/MCE.72.4).
- [9]. Стаценко Е.А., Островая А.Ф., Мусорина Т.А., Куколев М.И., Петриченко М.Р. Простая модель теплоустойчивой ограждающей конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8(68). С. 86–91 (doi: 10.5862/MCE.68.9).
- [10]. Васильев Г.П., Личман В.А., Юрченко И.А., Колесова М.В. Метод оценки коэффициента теплотехнической однородности из анализа термограмм // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 6 (66). С. 60–67 (doi: 10.5862/MCE.66.6).
- [11]. Тарабукина С.Ю., Симанкина Т.Л., Кирилкина А.А., Эффективность теплоблока в качестве наружной ограждающей конструкции, Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №3 (54). С. 47-62 (doi: 10.18720/CUBS.54.4).
- [12]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Натурные теплофизические испытания жилых зданий из

References

- [1]. Belous A.N., Overchenko M.V., Belous O.Ye. Utepleniye tsokolnogo uzla zdaniy s neotaplivayemym podvalom [Insulation of the basement unit buildings with unheated basement]. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, No.11 (50). Pp. 7-21 (doi: 10.18720/CUBS.50.1).
- [2]. Kopylova A.I., Bogomolova A.K., Nemova D.V., Energeticheskaya effektivnost zdaniya s primeneniym tekhnologii «zelenaya krovlya» [The energy efficiency of the building with application of green roof technology]. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, No.10 (49). Pp. 20-34.
- [3]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Otsenka vlazhnostnogo rezhima sten s fasadnymi teploizolyatsionnymi kompozitsionnymi sistemami [Assessment of moisture conditions of walls with facade's thermo-insulation composite systems with external mortar layers]. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, No.6 (45). Pp. 34-54.
- [4]. Susoyeva I.V., Vakhnina T.N., Titunin A.A., Asatkina Ya.A. Pokazateli kompozitov iz rastitelnogo syrya pri izmeneniyakh temperatury i vlazhnosti [The performance of composites from vegetable raw materials with changes in temperature and humidity]. Magazine of Civil Engineering, 2017, No.3 (71). Pp. 39-50 (doi: 10.18720/MCE.71.5).
- [5]. Portnyagin D.G. Povysheniye teplozashchity uzlov ograzhdayushchikh konstruktсий zdaniy s primeneniym penosteklokrystallicheskogo materiala [Improving the thermal performance of the building envelopes with the use of foam glass-ceramics]. Magazine of Civil Engineering, 2015. No.8 (60). Pp. 56-67 (doi: 10.5862/MCE.60.7).
- [6]. Hassam Ur Rehman. Experimental performance evaluation of solid concrete and dry insulation materials for passive buildings in hot and humid climatic conditions. Applied Energy, 2017, Vol. 185. Pp. 1585-1594 (doi: 10.1016/j.apenergy.2016.01.026).
- [7]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Petrichenko M.R., Gorshkov A.S. Otsenka vlazhnostnogo rezhima mnogosloynoy stenovoy konstruktсии v godovom tsikle [Evaluation of hygrothermal performance of multilayered wall design in annual cycle]. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, No.6. Pp. 19-33.
- [8]. Tarasova D.S., Petrichenko M.R. Kvazistatsionarnyye temperaturnyye rezhimy ograzhdayushchikh konstruktсий [Buildings quasi-stationary thermal behavior]. Magazine of Civil Engineering, 2017., No.4 (72). Pp. 28-35 (doi: 10.18720/MCE.72.4).
- [9]. Statsenko Ye.A., Ostrovaya A.F., Musorina T.A., Kukolev M.I., Petrichenko M.R. Prostaya model teplostoychivoy ograzhdayushchey konstruktсии [The elementary mathematical model of sustainable enclosing structure]. Magazine of Civil Engineering, 2016, No.8 (68). Pp. 86-91 (doi: 10.5862/MCE.68.9).
- [10]. Vasilyev G.P., Lichman V.A., Yurchenko I.A., Kolesova M.V. Metod otsenki koeffitsiyenta teploekhnicheskoy odnorodnosti iz analiza termogramov [Method of thermotechnical uniformity coefficient evaluation by analyzing thermograms]. Magazine of Civil Engineering, 2016, No.6 (66). Pp. 60-67 (doi: 10.5862/MCE.66.6).
- [11]. Tarabukina S.Yu., Simankina T.L., Kirilkina A.A., Effektivnost

- газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2016. №4(64). С. 10–25. (doi: 10.5862/MCE.64.2).
- [13]. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 1–11.
- [14]. Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л. Алгоритм и точность определения теплотехнических показателей зданий // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 5(73). С. 49–61 (doi: 10.18720/MCE.73.5).
- [15]. Белоус И.Ю., Дешко В.И., Сухогуб И.О. Параметрический анализ внутренней температуры воздуха здания // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8(68). С. 65–75 (doi: 10.5862/MCE.68.7).
- [16]. Костенко В.А., Гафиятуллина Н.М., Семчук А.А., Куколев М.И. Геотермальный тепловой насос в концепции пассивного дома // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8(68). С. 18–25 (doi: 10.5862/MCE.68.2).
- [17]. M. Heidarinejada, J.G. Cedeño-Laurentc, J. R. Wentzd, N. M. Rekstadd, J. D. Spenglerc, J. Srebrica. Actual building energy use patterns and their implications for predictive modeling. *Energy Conversion and Management*. 2017. Vol. 144. Pp. 164-180 (doi: org/10.1016/j.enconman.2017.04.003).
- [18]. S.K.I Nikkhoa, M. Heidarinejada, J.Liub, J. Srebrica. Quantifying the impact of urban wind sheltering on the building energy consumption. *Applied Thermal Engineering*. 2017. Vol. 116. Pp. 850-865 (doi: org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.044).
- [19]. Корниенко С.В. Расчетно-экспериментальный контроль энергосбережения зданий // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8 (43). С. 24–30.
- [20]. Авсюкевич Д.А. Эксергоэкономическая модель центральной системы кондиционирования воздуха // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 7(67). С. 22–30 (doi: 10.5862/MCE.67.3).
- [21]. Костенко В.А., Гафиятуллина Н.М., Зулкарнеев Г.С., Старков В.Н. Источники света с учетом их качественных показателей и энергоэффективности, *Строительство уникальных зданий и сооружений*, 2017, №6 (57). С. 47-55 (doi: 10.18720/CUBS.57.4).
- [22]. P.Delgoshaei, M.Heidarinejad, K. Xu, J.R. Wentz, P. Delgoshaei, J.a Srebric. Impacts of building operational schedules and occupants on the lighting energy consumption patterns of an office space. *Building Simulation*. 2017. Vol. 10. Pp. 447-458 (doi: 10.1007/s12273-016-0345-9)
- [23]. D. Streimikienė, T.Baležentis. Multi-criteria assessment of small scale CHP technologies in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 26. Pp. 183-189 (doi: 10.1016/j.rser.2013.05.046).
- [24]. Yi Zhang, R.Choudhary, K.Soga. Influence of GSHP system design parameters on the geothermal application capacity and electricity consumption at city-scale for Westminster, London. 2015. . Vol. 106 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.065> (дата обращения: 01.10.2017).
- [25]. K. Soga, Y. Zhang, R. Choudhary. Potential of district-scale geothermal energy in urban cities. *Energy Geotechnics*. 2016. Pp. 3-10 (doi: org/10.1201/b21938-3).
- [26]. Sheina, S.G., Zilberova, I.Y., Vongay, A.O. Energy-saving processes simulation in reconstruction of educational institutions edifices. 2017 Vol.117. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700153> (дата обращения: 01.10.2017).
- [27]. E.V.Martynova., S.G.Sheina Informational Support of Energy Saving Reconstruction of a Built-up Area. 2017. Vol.150. [Электронный ресурс].
- teplobloka v kachestve naruzhnoy ogradhdayushchey konstruktsii [Thermal block efficiency as external walling]. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2017, No.3 (54). Pp. 47-62 (doi: 10.18720/CUBS.54.4).
- [12]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Naturnyye teplofizicheskiye ispytaniya zhilykh zdaniy iz gazobetonnykh blokov [Thermophysical field testing of residential buildings made of autoclaved aerated concrete blocks]. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, No.4 (64). Pp. 10-25. (doi: 10.5862/MCE.64.2).
- [13]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Energoeffektivnost ogradhdayushchikh konstruktsiy pri kapitalnom remonte [Energy efficiency of envelopes at major repairs]. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2013, No.3 (8). Pp. 1-11.
- [14]. Danilevskiy L.N., Danilevskiy S.L. Algoritm i tochnost opredeleniya teploekhnicheskikh pokazateley zdaniy [The algorithm and accuracy of definition of heattechnical indicators of buildings]. *Magazine of Civil Engineering*, 2017, No.5 (73). Pp. 49-61 (doi: 10.18720/MCE.73.5).
- [15]. Belous I.Yu., Deshko V.I., Sukhugub I.O. Parametricheskii analiz vnutrenney temperatury vozdukha zdaniya [Building inside air temperature parametric study]. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, No.8 (68). Pp. 65-75 (doi: 10.5862/MCE.68.7).
- [16]. Kostenko V.A., Gafiyatullina N.M., Semchuk A.A., Kukolev M.I. Geotermalnyy teplovoy nasos v kontseptsii passivnogo doma [Geothermal heat pump in the passive house concept]. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, No.8 (68). Pp. 18-25 (doi: 10.5862/MCE.68.2).
- [17]. M. Heidarinejada, J.G. Cedeño-Laurentc, J. R. Wentzd, N. M. Rekstadd, J. D. Spenglerc, J. Srebrica. Actual building energy use patterns and their implications for predictive modeling. *Energy Conversion and Management*, 2017, Vol. 144. Pp.164-180 (doi: org/10.1016/j.enconman.2017.04.003).
- [18]. S.K.I Nikkhoa, M. Heidarinejada, J.Liub, J. Srebrica. Quantifying the impact of urban wind sheltering on the building energy consumption. *Applied Thermal Engineering*, 2017, Vol.116. Pp. 850-865 (doi: org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.044).
- [19]. Korniyenko S.V. Raschetno-eksperimentalnyy kontrol energosberezheniya zdaniy Settlement and experimental control of energy saving for buildings // *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 8 (43). Pp. 24–30.
- [20]. Avsyukevich D.A. Eksergoekonomicheskaya model tsentralnoy sistemy konditsionirovaniya vozdukha [Exergoeconomic model of a central air conditioning system]. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, No.7 (67). Pp. 22-30 (doi: 10.5862/MCE.67.3).
- [21]. Kostenko V.A., Gafiyatullina N.M., Zulkarnayev G.S., Starkov V.N. Istochniki sveta s uchetom ikh kachestvennykh pokazateley i energoeffektivnosti [Light Sources in Accordance with Their Quality Indicators and Energy Efficiency]. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2017, No.6 (57). Pp. 47-55 (doi: 10.18720/CUBS.57.4).
- [22]. P.Delgoshaei, M.Heidarinejad, K. Xu, J.R. Wentz, P. Delgoshaei, J.a Srebric. Impacts of building operational schedules and occupants on the lighting energy consumption patterns of an office space. *Building Simulation*, 2017, Vol.10. Pp. 447-458 (doi: 10.1007/s12273-016-0345-9).
- [23]. D. Streimikienė, T.Baležentis. Multi-criteria assessment of small scale CHP technologies in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, Vol.26. Pp. 183-189 (doi: 10.1016/j.rser.2013.05.046).
- [24]. Yi Zhang, R.Choudhary, K.Soga. Influence of GSHP system design parameters on the geothermal application capacity and electricity consumption at city-scale for Westminster, London, 2015, Vol.106 [Online]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.065> (data obrashcheniya: 01.10.2017).
- [25]. K. Soga, Y. Zhang, R. Choudhary. Potential of district-scale geothermal energy in urban cities. *Energy Geotechnics*, 2016, Pp. 3-10 (doi: org/10.1201/b21938-3).
- [26]. Sheina, S.G., Zilberova, I.Y., Vongay, A.O. Energy-saving processes simulation in reconstruction of educational institutions edifices. 2017 Vol.117. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700153> (дата обращения: 01.10.2017).
- [27]. E.V.Martynova., S.G.Sheina Informational Support of Energy Saving Reconstruction of a Built-up Area. 2017. Vol.150. [Электронный ресурс].

- <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.271> (дата обращения: 01.10.2017).
- [28]. Y.-S. Kima, M. Heidarinejad, M. Dahlhausen, J. Srebricb. Building energy model calibration with schedules de-rived from electricity use data. *Applied Energy*. 2017. Vol. 190. Pp. 997-1007 (doi: org/10.1016/j.apenergy.2016.12.167).
 - [29]. V. V. Klimenko, A. S. Ginzburg, P. F. Demchenko, A. G. Tereshin, I. N. Belova, E. V. Kasilova. Impact of urbanization and climate warming on energy consumption in large cities. *Doklady Physics*. 2016. Vol. 61, Pp. 521–525 (doi: 10.1134/S1028335816100050).
 - [30]. T. G. Nefedova, I. L. Slepukhina, I. Brade. Migration attractiveness of cities in the post-Soviet space: A case study of Russia, Ukraine, and Belarus. *Regional Research of Russia*. 2016. Vol.6, Pp. 131–143 (doi: 10.1134/S2079970516020088).
 - [31]. F. Poggi, A. Firmino, M. Amado. Assessing energy performances: A step toward energy efficiency at the municipal level. *Sustainable Cities and Society*. 2017. Vol.33, August Pp. 57-69. (doi: org/10.1016/j.scs.2017.05.014).
 - [32]. Popova, O., Glebova, Y. Energy performance of areas for urban development (Arkhangelsk is given as example). 2017. Vol.1800. [Электронный ресурс]. URL: <http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4973074> (дата обращения: 01.10.2017).
 - [33]. Niemelä T., Kosonen R., Jokisalo J. Cost-effectiveness of energy performance renovation measures in Finnish brick apartment buildings. *Energy and Buildings* 137 (2017) 60-75 (doi: 10.1016/j.enbuild.2016.12.031).
 - [34]. Живкович М., Олейник О., Мургул В.А. Реконструкция городских территорий: стратегия модернизации зданий старой постройки // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №1 (40). С. 102-111
 - [35]. Олейник О., Мургул В.А. Стратегия энергоэффективной реконструкции жилых малоэтажных зданий// Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1 (40). С. 112-124.
 - [36]. Сборщиков С.Б., Доможилов Ю.Н., Монастырев П.В. и др. Техничко-экономические основы эксплуатации, реконструкции и реновации зданий. Учебное пособие. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 192 с.
 - [37]. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (утв. Приказом Минрегион России от 30 июня 2012 г. N 265).
 - [38]. ГОСТ Р 54851-2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче
 - [39]. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р) (утв. приказом Госкомархитектуры РФ при Госстрое СССР от 24 декабря 1986 г. N 446).
 - [40]. Геоинформационные системы – ГИС [Электронный ресурс]. URL: <http://gistechnik.ru/publik/git.html> (дата обращения: 01.10.2017).
 - [41]. Схема теплоснабжения МО «Город Архангельск» до 2028 года утв. постановлением мэра г. Архангельск «Об утверждении актуализированной схемы теплоснабжения муниципального образования "Город Архангельск" до 2028 года».
 - [42]. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (действующая редакция, 2017).
 - [43]. Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 N 18 (ред. от 26.03.2014) "Об утверждении Правил установления требований энергетической
 - processes simulation in reconstruction of educational institutions edifices, 2017, Vol.117. [Online]. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700153> (data obrashcheniya: 01.10.2017).
 - [27]. E.V.Martynova., S.G.Sheina Informational Support of Energy Saving Reconstruction of a Built-up Area. 2017. Vol.150. [Online]. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.271> (data obrashcheniya: 01.10.2017).
 - [28]. Y.-S. Kima, M. Heidarinejad, M. Dahlhausen, J. Srebricb. Building energy model calibration with schedules de-rived from electricity use data. *Applied Energy*, 2017, Vol.190. Pp. 997-1007 (doi: org/10.1016/j.apenergy.2016.12.167).
 - [29]. V. V. Klimenko, A. S. Ginzburg, P. F. Demchenko, A. G. Tereshin, I. N. Belova, E. V. Kasilova. Impact of urbanization and climate warming on energy consumption in large cities. *Doklady Physics*, 2016, Vol.61. Pp. 521-525 (doi: 10.1134/S1028335816100050).
 - [30]. T. G. Nefedova, I. L. Slepukhina, I. Brade. Migration attractiveness of cities in the post-Soviet space: A case study of Russia, Ukraine, and Belarus. *Regional Research of Russia*, 2016, Vol.6, Pp. 131-143 (doi: 10.1134/S2079970516020088).
 - [31]. F. Poggi, A. Firmino, M. Amado. Assessing energy performances: A step toward energy efficiency at the municipal level. *Sustainable Cities and Society*, 2017, Vol.33, August Pp. 57-69. (doi: org/10.1016/j.scs.2017.05.014).
 - [32]. Popova, O., Glebova, Y. Energy performance of areas for urban development (Arkhangelsk is given as example), 2017, Vol.1800 [Online]. URL: <http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4973074> (data obrashcheniya: 01.10.2017).
 - [33]. Niemelä T., Kosonen R., Jokisalo J. Cost-effectiveness of energy performance renovation measures in Finnish brick apartment buildings. *Energy and Buildings*, 2017, No.137. Pp. 60-75 (doi: 10.1016/j.enbuild.2016.12.031).
 - [34]. Zhivkovich M., Oleynik O., Murgul V.A. Rekonstruktsiya gorodskikh territoriy: strategiya modernizatsii zdaniy staroy postroyki [Reconstruction of Urban Areas: Sustainable Strategy of Obsolete Building Conversion to Residential Uses]. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2016, No.1 (40). Pp. 102-111.
 - [35]. Oleynik O., Murgul V.A. Strategiya energoeffektivnoy rekonstruktsii zhilykh maloetazhnykh zdaniy Strategy for energy efficient reconstruction of residential low-rise buildings// *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2016. No.1 (40). Pp. 112-124.
 - [36]. Sborshchikov S.B., Domozhilov Yu.N., Monastirev P.V. i dr. Tekhniko-ekonomicheskiye osnovy ekspluatatsii, rekonstruktsii i renovatsii zdaniy. Uchebnoye posobiye. – Moskva: Izdatelstvo Assotsiatsii stroitelnykh vuzov, 2007–192 p.
 - [37]. Set of Rules SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003 (utv. Prikazom Minregion Rossii ot 30 iyunya 2012 g. N 265).
 - [38]. Russian State Standard GOST R 54851-2011. Konstruktsii stroitelnyye ograzhdayushchiye neodnorodnyye. Raschet privedennogo soprotivleniya teploperedache.
 - [39]. Pravila otsenki fizicheskogo iznosa zhilykh zdaniy. VSN 53-86(r) (utv. prikazom Goskomarkhitektury RF pri Gosstroye SSSR ot 24 dekabrya 1986 g. N 446).
 - [40]. Geoinformatsionnyye sistemy – GIS [Online]. URL: <http://gistechnik.ru/publik/git.html> (data obrashcheniya: 01.10.2017).
 - [41]. Skhema teplosnabzheniya MO «Gorod Arkhangelsk» do 2028 goda utv. postanovleniyem mera g. Arkhangelsk «Ob utverzhdenii aktualizirovannoy skhemy teplosnabzheniya munitsipalnogo obrazovaniya "Gorod Arkhangelsk" do 2028 goda».
 - [42]. Federalnyy zakon "Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v otdelnyye zakonodatelnyye akty Rossiyskoy Federatsii" ot 23.11.2009 N 261-FZ (deystviyushchaya redaktsiya, 2017).
 - [43]. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 25.01.2011 No. 18 (red. ot 26.03.2014) "Ob utverzhdenii Pravil ustanovleniya trebovaniy

эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов".

- [44]. Приказ Минстроя России от 06.06.2016 N 399/пр "Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов" (Зарегистрировано в Минюсте России 08.08.2016 N 43169).
- [45]. Болотин, С.А., Дадар, А.Х. Конвергенция организационно-технологического и архитектурно-строительного проектирования, ориентированного на энергоресурсосбережения при строительстве и эксплуатации зданий/ С.А. Болотин, А.Х. Дадар; под общ.ред. д-ра техн. наук С.А. Болотина. СПбГАСУ - СПб. 2011. - 200 с.
- [46]. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. Ведомственные строительные нормы ВСН 58-88 (р) (утв. приказом Госкомархитектуры РФ при Госстрое СССР от 23 ноября 1988 г. N 312).

energeticheskoy effektivnosti dlya zdaniy, stroyeniy, sooruzheniy i trebovaniy k pravilam opredeleniya klassa energeticheskoy effektivnosti mnogokvartirnykh domov".

- [44]. Prikaz Ministroya Rossii ot 06.06.2016 N 399/pr "Ob utverzhdenii Pravil opredeleniya klassa energeticheskoy effektivnosti mnogokvartirnykh domov" (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 08.08.2016 N 43169).
- [45]. Bolotin, S.A., Dadar, A.Kh. Konvergentsiya organizatsionno-tekhnologicheskogo i arkhitekturno-stroitel'nogo proyektirovaniya, oriyehtirovannogo na energoresursosberezheniya pri stroitel'stve i ekspluatatsii zdaniy/ S.A. Bolotin, A.Kh. Dadar; pod obshch.red. d-ra tekhn. nauk S.A. Bolotina. SPbGASU - SPb. 2011. - 200 p.
- [46]. Polozheniye ob organizatsii i provedenii rekonstruktsii, remonta i tekhnicheskogo obsluzhivaniya zdaniy, ob'yektov kommunalnogo i sotsialno-kulturnogo naznacheniya. Vedomstvennyye stroitel'nyye normy VSN 58-88 (r) (utv. prikazom Goskomarkhitektury RF pri Gosstroye SSSR ot 23 noyabrya 1988 g. N 312).

Контактная информация

- 1.* +7(911)5705964, oly-popova@yandex.ru (Попова Ольга Николаевна, к.т.н., Заведующая кафедрой)
2. +7(962)6652682, glebovaulia@yandex.ru (Глебова Юлия Михайловна, старший преподаватель)

Contact information

- 1.* +7(911)5705964, oly-popova@yandex.ru (Olga Popova, Ph.D., Head of Department)
2. +7(962)6652682, glebovaulia@yandex.ru (Yulia Glebova, Senior Lecturer)

© Попова О.Н., Глебова Ю.М., 2018