

## Умный дом, как фактор преобразования строительства

А.О. Мохирева<sup>1</sup>, П.В. Логинова<sup>2</sup>, Е.М. Мелехин<sup>3</sup>, В.В. Беспалов<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье      УДК 69

### Аннотация

*С развитием информационных технологий в современных зданиях начинается внедрение систем умного дома. В то же время, такие системы практически не исследованы с позиций строительной науки. Для определения появляющихся, в связи с этим, направлений расширения потенциала строительного сектора проведен аналитический обзор существующих исследований. В обзор были включены исследования, связанные с устройством системы и пользовательского интерфейса, с оценкой экономической эффективности и возможностей использования, в том числе несколько аналитических обзоров с позиций специалистов в области информационных технологий. Было выделено несколько направлений, которые можно использовать в проектировании и строительстве зданий. Предложены и направления для дальнейших исследований систем умного дома, в числе которых связь с BIM-проектированием и организацией строительства, разработка универсальной модели базовой системы и разработка новых подходов к проектированию архитектуры, конструкций и инженерных систем*

Ключевые слова:            умный дом, автоматизация, умный город, модульный подход, технологии, голосовое управление, внедрение системы умный дом, управление домом.

### Содержание

1.	Введение	8
2.	Обзор литературы	9
3.	Анализ возможностей расширения потенциала строительства	10
4.	Заключение	12

#### Контактный автор:

1. +7(922)9690863, mohirevaarina@mail.ru (Мохирева Арина Олеговна, студент)
2. +7(999)2166339, loginova.pv@edu.spbstu.ru (Логинова Полина Владимировна, студент)
3. +7(952)3945288, melechin.egor@gmail.com (Мелехин Егор Маркович, студент)

## 1. Введение

Концепция умных домов начинает свое развитие с 1990-х годов. Наиболее распространенное определение - дом, который достаточно разумен для помощи его обитателям жить независимо и комфортно с помощью технологии, определяемой как «Умный дом». В УД все механические и электронные устройства формируют единую сеть и могут коммуницировать между собой, с пользователями и с внешним миром.

Всё большая часть активности человека начинает проводиться дома. Это один из главных тезисов концепции умных домов. По данным ассоциации всемирного обзора ценностей (WVSA) современное общество переходит на новые формы занятости, когда уходит в прошлое понятие рабочего места и поездки на работу [1]. При этом занятость становится постоянной и переводится на место проживания человека, таким образом значительную часть жизни человек начинает проводить в своем доме. В числе прочих последствий таких изменений - повышение требований к жилым домам по части жизнеобеспечения и автоматизации.

Функции умного дома очень обширны. Основной функционал традиционной системы может быть представлен в следующем виде:

- Система электропитания, освещения и отопления;
- Система аудио- и видеотехники Мультирум;
- Компьютерные системы управления, связи и пользовательского интерфейса;
- Модули управления систем вентиляции, кондиционирования, водоснабжения и канализации;
- Система обслуживания территории;
- Система метеоконтроля;
- Система охранно-пожарной сигнализации.

Все эти функции реализуются при помощи специальных датчиков, подключенных к главному контролеру.

Одним из основополагающих компонентов концепции умного дома является Интернет вещей. Он включает в себя систему идентификации всех задействованных объектов, систему измерения их состояний и преобразования их в машиночитаемые данные и систему передачи между ними информации и энергии. В интернет вещей может входить вся «Умная техника». Начиная с кухни, где каждый ее компонент будет умный, то есть снабженный датчиками, анализирующие действия людей, составляющие с статистику действий, и минимизирующие их выполнение. Например, смарт-холодильник. Дисплей покажет вам всю необходимую информацию, которую, как правило, смотрят утром при сборах: новости, погода, список продуктов, небольшой список дел и другое, сам закажет недостающие продукты. Духовой шкаф на Android с программой приготовления необходимого блюда, возможность слежения в реальном времени за процессом запекания и автоматическим выключением. Умная посудомоечная машина, распознающая степень загрязненности посуды и необходимое для ее промывки количество воды. Умная кофемашинка, мультиварка и чайник с удаленным управлением и многое другое. В итоге мы получаем экономию электрических и водных ресурсов, и самое главное –экономии времени, что значительно упрощает рутинные бытовые действия. Голосовые помощники, роботы-пылесосы, умные одеяла, браслет, передающий сердцебиение близких, умные фоторамки, электронные кормушки для животных, электронные замки, оборудование дополненной реальности, умные лампы и многое другое. Автоматизации поддается любая вещь в доме.

В научной литературе существует достаточно большой объем публикаций, посвященный системам умного дома. На основании существующих аналитических обзоров [2-17] можно систематизировать принципиальные положения о системах умного дома.

В первую очередь выделим основные свойства систем, которые предлагаются в данных публикациях:

- 1) Автоматизация, как способность к приспособлению автоматических устройств или к выполнению автоматических функций;
- 2) Мульти-функциональность, как способность выполнять различные обязанности и функции;
- 3) Приспособляемость, как способность к обучению, к прогнозированию и обслуживанию потребностей пользователей;
- 4) Интерактивность как способность к взаимодействию между пользователями и к обмену информацией между компонентами системы;
- 5) Эффективность как способность выполнять функции так, чтоб экономить время и деньги.

Все технические продукты на рынке авторы обзоров разделяют на 3 категории:

- 1) Устройства управления;
- 2) Графические устройства пользовательского интерфейса;
- 3) Исполнительные устройства.

При этом устройства управления подразделяются на вторичные категории:

- а) Центральное управление, которое обеспечивает коммуникацию со множеством приложений и устройств в доме. Пользователи могут управлять им из разных входных точек;
- б) Прикладное управление, которое обеспечивает контроль на уровне отдельных устройств и возможность для пользователя напрямую взаимодействовать с ними;
- в) Сетевое управление – автономная система прямой и обратной связи между устройствами, обеспечивающая их корректное взаимодействие на основе базовых примитивных функций.

Графический интерфейс может включать в себя простейшие дисплеи для мониторинга расхода ресурсов, онлайн/офлайн платформу для комплексного управления домом, специальные приложения для смартфонов и прочее.

Исполнительные устройства подразделяются на:

- а) Сенсоры и датчики, посредством которых собираются исходные данные о происходящем в доме и на прилегающем пространстве;
- б) Коммуникации – проводные или беспроводные устройства, обеспечивающие связь между компонентами системы и поддерживающие сеть дома. Они обеспечивают также связь с внешним миром;
- в) Рабочее оборудование – электрические приводы, двигатели, источники звука и света – всё, чем управляет система.

В мире разработано множество нормативных документов для стандартизации этой отрасли. Например, комплекс международных стандартов ISO 16484-XX (Building Automation and Control Systems). В России к настоящему времени выпущены только первые три части в виде стандартов АВОК (Ассоциация инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике). С 2013 года в России действует первый профильный ГОСТ — "Автоматизированные системы управления зданий и сооружений. Термины и определения".

В отечественной научной среде и в нормативных документах более распространен термин «автоматизированная система управления зданием» (АСУЗ) [18-22]. Основными целями создания АСУЗ являются повышение безопасности, улучшение комфорта и обеспечение эффективности потребления ресурсов. В мире практически все современные объекты коммерческой недвижимости и жилые здания оснащаются АСУЗ. В России этот процесс только в начале своего развития, и такие системы практически не исследованы с позиций строительной науки [23-30]. С целью определения появляющихся, в связи с этим, направлений расширения потенциала строительства проведен аналитический обзор существующих исследований.

## 2. Обзор литературы

Многие исследования сконцентрированы вокруг устройств управления и сопутствующего программного обеспечения. Устройства управления представляют собой микрокомпьютеры, которые состоят из микроконтроллера и комплементарных компонентов, которые упрощают программирование и интеграцию в другие уровни системы. Микроконтроллеры соединяются с центральным процессором и в совокупности составляют, по сути, конструктор умного дома, позволяющий проектировщику настраивать и конструировать систему под конкретную ситуацию и требования. При этом сохраняется возможность в дальнейшем использовать дополнительные модули. Часть работ в этом направлении представляет собой теоретическое и экспериментальное сравнение различных микроконтроллеров [31-35].

В целом, исходя из результатов работ, очевидно, что для различных задач и требований к стоимости оборудования можно подобрать наиболее подходящие устройства. Так, например, не очень дорогой микрокомпьютер Raspberry Pi или Arduino, могут быть основой для управления системой [32], однако существует известная проблема совместимости программного обеспечения, которое для таких устройств в большинстве случаев необходимо разрабатывать самостоятельно. В случае более дорогих аналогов обнаруживается проблема, связанная с невозможностью снижения стоимости за счет периферийных модулей, поскольку их совместная работа оказывается нестабильной и приводит к ранним проблемам со всей системой [36]. Использование более дорогих моделей [36,37] в долговременной перспективе снижает совокупные затраты и обеспечивает широкий функциональный набор.

В исследованиях, посвященных пользовательскому интерфейсу, предлагаются авторские разработки для различных платформ – приложения для ПК, смартфона и управление через контрольную панель на сайте [38-46]. Для наиболее простых функций часть авторов предлагает удаленное управление через GSM-сеть с помощью звонков и sms-команд [47].

Для не удаленного управления домом предлагаются разработки, связанные с голосовым управлением [48], управлением по Bluetooth [49] и сенсорными панелями [50]. Голосовое управление представляется наиболее перспективным, однако на текущий момент оно недостаточно развито [6,7].

Что касается информационной составляющей интерфейса, здесь исследовались информационные дисплеи [51-56]. Так, одна из разработок – онлайн домовый дисплей, показывающий в реальном времени расходы электрических и водных ресурсов, пиковые нагрузки за день и месячное потребление [55]. Суть данной системы заключается в контроле объемов потребляемых домом ресурсов и разработки стратегий дальнейшего использования. Однако как показали исследования эффективности использования таких информационных дисплеев, они не приводят к существенной экономии потребления ресурсов. В первые месяцы пользования такими дисплеями люди снижали потребление ресурсов до 25-35%, однако с течением времени расходы воды и энергии возвращались к уровню, почти совпадающему с уровнем потребления до установки систем, отличаясь не более чем на 5-10%. Это показало, что пользователям системы все-равно необходимо самим выстраивать стратегию потребления на основании собранных данных и прилагать определенные усилия для экономии ресурсов, что зачастую не представляется возможным из-за нехватки понимания принципов работы системы [51, 53].

Ряд технических решений был исследован на макетах домов уменьшенного масштаба [57-62]. В числе прочего исследовались солнечные панели, подключенные к системам умного дома, системы подачи воды, системы связи между компонентами системы, подвижные элементы дома, программное обеспечение и средства обеспечения безопасности. В частности, авторы предложили использовать солнечную энергию для обогрева дома и подогрева воды. Данная система рассматривается и со стороны источника электрического тока для небольших бытовых приборов или уличного освещения [61]. Наибольшую продуктивность данная система будет иметь в странах с протяженным световым годом.

Кроме того, на макетах проводились исследования проблем включения умного дома во внешние «умные энергосети» (Smart Grids) и их совместной работе [63, 64]. Умные энергосети – это системы распределения электроэнергии, основанные на широком использовании возобновляемых источников энергии и возможности вывода электроэнергии в сеть пользователями. Такие сети включают и средства автоматической стабилизации периодов пиковых нагрузок, в том числе с задействованием включенных в систему умных домов.

Как на макетах, так и в условиях реальных домов были проведены исследования модульного метода сборки системы умного дома [21, 36, 60]. Данный метод может упростить ремонт путем замены неисправного модуля, но при этом показано, что увеличивается стоимость дома, так как вместо смены одного элемента системы нужно будет менять модуль целиком. В части этих исследований производится анализ существующих и перспективных систем контроля микроклимата в помещениях, авторы рассматривают интеграцию данных систем в «Умный дом» в качестве одного из модулей [65]. Кроме того, на макетах и реальных домах исследовалась проблема рациональной расстановки сенсоров для уменьшения их числа и требования к их расстановке для обеспечения работы систем [66-73]. Также в исследованиях сенсоров изучалась проблема обнаружения активности людей [95]. Активность можно фиксировать, начиная от самых примитивных систем контроля открытия дверей с датчиками положения человека относительно двери, и до сложных систем контроля движения и распознавания объектов, реализуемых через распознавание видеосигнала нейросетью в сочетании с рядом дополняющих сенсоров.

Проблемы проектирования систем умного дома и расстановки оборудования и сенсоров решаются и путем моделирования в программных комплексах работы всей системы. В работе [74] предложена интересная разработанная авторами программа моделирования умного дома, которая может использоваться и проектировщиками, в том числе в научно-исследовательских задачах. Программа позволяет моделировать реальные ситуации и самостоятельно наполнять умный дом оборудованием, выстраивать произвольную конфигурацию устройств и сенсоров.

После проектирования всего необходимого функционала и пользовательского интерфейса возникает проблема защиты данных, собираемых системой для работы, поскольку собранные данные в доме или бизнес-центре имеют крайне важное значение и не должны попасть к третьим лицам. Возможные решения таких проблем предлагаются в нескольких исследованиях [75-81], в том числе на макетах умных домов с использованием различных форм удаленного управления.

Проводились и исследования умных домов с точки зрения обеспечения принципов зеленого строительства и устойчивого развития. По данным исследований, уже существовавшие технологии умных домов прошлого десятилетия в разных странах обеспечивали экономию потребления энергии и других ресурсов от 20 до 35% [82-96].

Отдельная ветвь в исследованиях технологий умного дома – это системы сопровождения и помощи людям с ограниченными возможностями, в том числе парализованным, и отслеживание состояния пожилых людей, с деменцией и другими заболеваниями [97-104]. Автоматизация контроля психологического и физиологического состояния людей совмещена с самообучающейся нейросетью и системой автоматизации базового обслуживания. Ведется также учет отклонений в повседневной активности, о чем направляются отчеты закреплённому за человеком врачу. Дальнейшее развитие исследования авторы намечают в создании умного госпиталя. Важной составляющей является отслеживание по ЭЭГ и другим измеряемым показателям в том числе и эмоционального состояния человека.

Не смотря на многообразие работ, в большинстве из них умный дом освящен с позиции специалистов в области цифровых технологий, и, соответственно, акценты расставлены больше в области проблем программного обеспечения и улучшения взаимодействия человека и цифровой системы. В то время как с позиции инженеров проектировщиков и конструкторов будут иметь большее значение другие аспекты таких систем.

### 3. Анализ возможностей расширения потенциала строительства

Использование технологий умного дома может внести ряд определенных изменений в процессы проектирования домов, их архитектуру и инженерные системы.

Задачу выбора сенсоров и их расположения можно рассматривать, как задачу проектировщика умного дома, в связке с задачей проектировщика умных систем является также и грамотная расстановка датчиков и сенсоров для их наибольшей эффективности и наименьшего расхода. Это может привести к появлению целого нового раздела проектной документации, в котором представлена вся информация о расположении сенсоров, датчиков и прочего оборудования системы с обоснованием и перечнем необходимых ограничений и способов

маскировки элементов системы. Все это напрямую связано со всеми остальными традиционными разделами проектной документации и сильно влияет на их содержание, в том числе на планировку помещений и внешний вид здания.

Попечительские функции, разработанные для людей с ограниченными возможностями и заболеваниями, могут быть преобразованы в функции управления и отслеживания. Например, мониторинг вещей и домашних животных и напоминание о их местонахождении в случае утери. Мониторинг отклонений повседневной активности может быть использован для профилактики заболеваний, а распознавание физиологического и эмоционального состояния человека может стать основой взаимодействия систем управления умного дома и человека, когда практически не будет требоваться специальное управление системами, система самостоятельно будет прогнозировать, что нужно человеку и на основе этого производить настройку инженерных систем. В идеале надо добиться максимальной персонализации под конкретного пользователя - под его нужды, особенности поведения и с возможностью дообучения. Здесь актуальной задачей представляется разработка такой системы учета, на основе которой система в автоматическом режиме управляла бы распределением энергии и ресурсов на основе анализа поведения пользователей. Необходимо также чтоб у конечных пользователей имелась как персональная статистика по умному дому, так и глобальная статистика по системам во всем мире с возможностью настраиваемой выборки.

Всегда актуальной является и проблема безопасности, чему посвящены многие исследования, описанные выше. С одной стороны, необходимость обеспечить обмен информацией между миллионами умных домов, с другой – защиту всей персональной информации. Иначе говоря, требуется, чтобы информация передавалась анонимно в общую обменную базу без даже теоретической возможности идентификации с возможностью полного отключения всей исходящей информации по желанию пользователя.

Помимо защиты такой персональной информации существует проблема удаленного доступа к функциям дома. В случае нарушения защиты могут наступить опасные последствия, поскольку система умного дома управляет оборудованием, которое при определенных обстоятельствах может создать опасное для людей и дома положение. Это означает, что система умного дома должна быть снабжена помимо защитного программного обеспечения, дополнительной автоматической системой предотвращения аварийных ситуаций, которая бы отключала или ограничивала функции оборудования при приближении к критическим ситуациям. Такая система должна работать независимо от основной системы умного дома, не иметь общих с ней каналов управления и обладать независимым резервным источником питания.

Основной целью ведущихся исследований является создание усовершенствованных систем умного дома, далеко опережающих системы прошлого десятилетия, являвшиеся по сути ручным управлением и счетчиком, с упрощенным интерфейсом. Однако в России на текущий момент даже подобные системы практически не внедрены, что замедляет их исследования и дальнейшее усовершенствование. Технология умного дома на текущий момент и недостаточно популяризована, в потребительской среде не хватает понимания о том, что это не только доступный, но и необходимый инструмент, который со временем перерастет в общеупотребительный.

Следующая проблема, на которую обращают внимание – это стоимость установки и использования данной системы и способы ее снижения. Существующие системы умного дома позволяют снизить расходы на потребление энергии и воды до 30-35 %. При внедрении дополнительных модулей, становится возможным снизить затраты на многое другое, связанное с обслуживанием дома и человека. Таким образом, установка системы окупается даже в достаточно краткосрочной перспективе.

Помимо электронного оснащения дома важно обеспечить его ресурсами. Учитывая ухудшение экологической ситуации в мире и современные процессы перехода на экологичные и возобновляемые источники энергии, можно представить несколько вариантов решения проблемы загрязнения окружающей среды и экономии ресурсов для обеспечения дома:

1) “Зеленые источники энергии” с получением энергии из плодородной почвы с растениями, из биореакторов, от солнечных панелей или ветрогенераторов.

2) “Зеленые стены и кровля”. Это рационально использованные площади внешней оболочки здания для посадки растений и выращивания на них продуктов питания. Уход за растениями при этом происходит с минимальным участием человека.

3) Система домашней переработки отходов, которая перерабатывает металл, минеральные вещества и пластик в исходный материал для 3D-печати [105], а органические отходы направляет в биореактор [106].

Еще одним барьером являются малые знания пользователей о таких системах и отсутствие культуры взаимодействия с подобной техникой. Выходом из этого может стать уже давно функционирующие методы помощи пользователям, создание максимально интуитивного интерфейса, который позволит легко освоить систему умного дома без специального обучения, в идеале - по мере надобности тех или иных функций. Потенциальным развитием, которое само собой напрашивается, является оборачивание функционала и интерфейса умного дома в игровую оболочку – элементы видеоигр и дополненной реальности. В том числе использование здесь глобальной статистики и элемента игровой соревновательности [107-111].

## 4. Заключение

Обзор показал, что существует много разработанных цифровых технологий, применимых для систем умного дома. Однако пока из-за недостаточной степени взаимного проникновения наук в областях информационных технологий и строительства, потенциал умного дома в значительной степени не раскрыт до сих пор.

Необходимо решить также проблемы популяризации технологии, оптимизации стоимости систем и усложненности умного дома для конечных пользователей

Умный дом – технология, которая в дальнейшем будет использоваться повсеместно. Таким образом, предполагаемая картина будущего будет представлять следующее: дом способный предугадать и выполнить все желания человека. Повсеместная доступность данной технологии позволит каждому человеку избавиться от бытовых дел, освободив личное время.

В качестве направлений дальнейших исследований с позиции инженеров-проектировщиков и строителей наиболее перспективными представляются следующие:

1) Разработка универсальных базовых моделей системы умного дома как для малоэтажных зданий, так и для многоэтажных общественных, коммерческих зданий, и для промышленных объектов. Такие базовые модели должны обеспечить возможность стыковки со множеством существующих и перспективных модулей и систем, а также возможность легкой и не затратной модернизации.

2) Применение компонентов системы умных зданий, отслеживающих движение объектов в BIM проектировании, в процессах организации строительства и контроля строительных процессов. После внедрения такой системы в строительные процессы открываются широкие возможности исследований движения людей, машин и робототехники по объектам строительства, поскольку становится возможным как собирать большие массивы статистических данных, так и отслеживать ход всех процессов в реальном времени практически без затрат.

3) Исследование изменений в принципах проектирования планировочных решений и систем здания, в том числе связанные с ожидаемым переходом на беспроводную передачу электроэнергии, а так же новые виды проектирования – такие как правильный подбор необходимого количества сенсоров и датчиков, их размещение в конструкциях здания, разработка противоаварийных и защитных мероприятий для применяемой системы и другие сопутствующие решения.

4) Исследования возможных расширений функций дома, которые становятся возможными с внедрением систем умного дома – такие как самопочинка, самоочистка и другие виды самообслуживания дома, системы переработки отходов (безотходное здание), медицинские модули и многое другое. Все эти расширения влекут за собой и изменения в принципах проектирования, возведения и эксплуатации зданий, что также требует отдельных исследований.

### Литература

- [1]. R. F. Inglehart. Cultural evolution people's motivations are changing and reshaping the world. 2018. Cambridge University Press. 274 P.
- [2]. Bejarano A., Fernandez B., Jimeno M., Salazar A., Wightman P. Towards the Evolution of Smart Home Environments: A Survey. International Journal of Automation and Smart Technology. 2016. No. 6. pp. 105-136.
- [3]. Bitterman N., Shach-pinsly D. Smart home - A challenge for architects and designers. Architectural Science Review. 2015. No. 58. pp. 266-274.
- [4]. Hamernik P., Tanuska P., Mudroncik D. Classification of Functions in Smart Home. International Journal of Information and Education Technology. 2012. No. 2. pp. 149-155.
- [5]. Lobaccaro G., Carlucci S., Löfström E. A Review of Systems and Technologies for Smart Homes and Smart Grids. Energies. 2016. No. 9. art. no. 348.
- [6]. Solanki V.K., Muthusamy V., Katiyar S. Think Home : A Smart Home as Digital Ecosystem. Circuits and Systems. 2016. No 7. pp. 1976-1991.
- [7]. Swan L., Izadi S., Harper R., Taylor A.S., Sellen A., Perry M. Rethinking the "Smart" Home. International Symposium on Intelligent Environments. Cambridge: 2006. pp. 57-66.
- [8]. Popescu D., Rusu D., Bacali L., Popescu S. Multi-layered Functional Analysis for Smart Homes. Design Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2018. No. 238. Pp. 114-123.

### References

- [1]. R. F. Inglehart. Cultural evolution people's motivations are changing and reshaping the world. 2018. Cambridge University Press. 274 P.
- [2]. Bejarano A., Fernandez B., Jimeno M., Salazar A., Wightman P. Towards the Evolution of Smart Home Environments: A Survey. International Journal of Automation and Smart Technology. 2016. No. 6. pp. 105-136.
- [3]. Bitterman N., Shach-pinsly D. Smart home - A challenge for architects and designers. Architectural Science Review. 2015. No. 58. pp. 266-274.
- [4]. Hamernik P., Tanuska P., Mudroncik D. Classification of Functions in Smart Home. International Journal of Information and Education Technology. 2012. No. 2. pp. 149-155.
- [5]. Lobaccaro G., Carlucci S., Löfström E. A Review of Systems and Technologies for Smart Homes and Smart Grids. Energies. 2016. No. 9. art. no. 348.
- [6]. Solanki V.K., Muthusamy V., Katiyar S. Think Home : A Smart Home as Digital Ecosystem. Circuits and Systems. 2016. No 7. pp. 1976-1991.
- [7]. Swan L., Izadi S., Harper R., Taylor A.S., Sellen A., Perry M. Rethinking the "Smart" Home. International Symposium on Intelligent Environments. Cambridge: 2006. pp. 57-66.
- [8]. Popescu D., Rusu D., Bacali L., Popescu S. Multi-layered Functional Analysis for Smart Homes. Design Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2018. No. 238. Pp. 114-123.
- [9]. Bloess A., Schill W.-P., Zerrahn A. Power-to-heat for renewable energy integration: A review of technologies, modeling approaches, and flexibility potentials. Applied Energy. 2018. No. 212. Pp. 1611-1626.

- [9]. Bloess A., Schill W.-P., Zerrahn A. Power-to-heat for renewable energy integration: A review of technologies, modeling approaches, and flexibility potentials. *Applied Energy*. 2018. No. 212. Pp. 1611-1626.
- [10]. Alaa M., Zaidan A.A., Zaidan B.B., Talal M., Kiah M.L.M. A review of smart home applications based on Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*. No. 97. 2017. Pp. 48-65.
- [11]. Stojkoska B., Trivodaliev V. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*. 2017. No. 140. Pp. 1454-1464.
- [12]. Akhavan-Hejazi H., Mohsenian-Rad H. Power systems big data analytics: An assessment of paradigm shift barriers and prospects. *Energy Reports*. 2018. No. 4. Pp. 91-100.
- [13]. B. Leung. Greening existing buildings [GEB] strategies. *Energy Reports*. 2018. No. 4. Pp. 159-206.
- [14]. Matthew J. B., Jennie C. Stephens Political power and renewable energy futures: A critical review. *Energy Research & Social Science*. 2018. No. 35. Pp. 78-93.
- [15]. Pivoto D., Waquil P.D., Talamini E., Finocchio C.P., Mores G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil Information. *Processing in Agriculture*. 2018. No. 5. Pp. 21-32.
- [16]. Suárez Á., Specht M., Prinsen F., Kalz M., Ternier S. A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*. 2018. No. 118. Pp. 38-55.
- [17]. Дмитриев И.И., Кириллов А.М., Умные дороги и Интеллектуальная транспортная система // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. №2 (53). С. 7-28.
- [18]. Рыбаков А.В., Степанищева Е.С. Умные помещения: анализ существующих и перспективных направлений использования средств автоматического управления доступом и параметрами микроклимата // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2017. № 2 (38). С. 170-187.
- [19]. Намиот Д.Е., Шнепс-Шнеппе М.А. Устройство для мониторинга активности в умном доме // *International Journal of Open Information Technologies* 2015. № 2. С. 23-26.
- [20]. Сухов А.О., Семков Н.А. Предметно-ориентированный язык описания моделей систем типа «Умный дом» // *Математика программных систем*. Пермь: 2013, С. 126-132.
- [21]. Лимин Д.П., Гуськова Ю.А. Модульный подход в построении системы «Умный дом» // *Информационные технологии и прикладная математика*. 2015. № 5. С. 82-88.
- [22]. Тускаева З.Р., Дзебоев Р.А. Система «умный дом» сегодня и завтра // *Научные исследования и разработки молодых ученых*. 2016. № 9. С. 170-173.
- [23]. Ефремов А.А., Никифорова К.А., Канев А.Н. Оценка доступности топологии сети системы «умный дом» методом математического моделирования // *Международный студенческий научный вестник*. 2016. № 3. С. 107-108.
- [24]. Павлова С.М., Турусов Д.Н. «Умный дом»: удаленный мониторинг состояния здоровья // *Научные исследования: от теории к практике*. 2016. № 2 (8). С. 264-266.
- [25]. Киямов Р.В., Хмелев Е.А., Юнусов И.Ф. Умный дом, который легко изменит привычную жизнь // *Вестник науки и образования*. 2016. № 9 (21). С. 37-38.
- [26]. Чиняков А.А. Технология «умный дом» // *Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в*
- [10]. Alaa M., Zaidan A.A., Zaidan B.B., Talal M., Kiah M.L.M. A review of smart home applications based on Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*. No. 97. 2017. Pp. 48-65.
- [11]. Stojkoska B., Trivodaliev V. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*. 2017. No. 140. Pp. 1454-1464.
- [12]. Akhavan-Hejazi H., Mohsenian-Rad H. Power systems big data analytics: An assessment of paradigm shift barriers and prospects. *Energy Reports*. 2018. No. 4. Pp. 91-100.
- [13]. B. Leung. Greening existing buildings [GEB] strategies. *Energy Reports*. 2018. No. 4. Pp. 159-206.
- [14]. Matthew J. B., Jennie C. Stephens Political power and renewable energy futures: A critical review. *Energy Research & Social Science*. 2018. No. 35. Pp. 78-93.
- [15]. Pivoto D., Waquil P.D., Talamini E., Finocchio C.P., Mores G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil Information. *Processing in Agriculture*. 2018. No. 5. Pp. 21-32.
- [16]. Suárez Á., Specht M., Prinsen F., Kalz M., Ternier S. A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*. 2018. No. 118. Pp. 38-55.
- [17]. Dmitriev I.I., Kirillov A.M. Smart roads and Intellectual transport system. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2017. 2 (53). Pp. 7-28. (rus)
- [18]. Rybakov A.V., Stepanishcheva Ye.S. Umnyye pomeshcheniya: analiz sushchestvuyushchikh i perspektivnykh napravleniy ispolzovaniya sredstv avtomaticheskogo upravleniya dostupom i parametrami mikroklimate [Smart rooms: analysis of existing and prospective directions of using automatic access control and microclimate parameters]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravleniye i vysokkiye tekhnologii*. 2017. No. 2 (38). pp. 170-187. (rus)
- [19]. Namiot D.Ye., Shnepshneppe M.A. Ustroystvo dlya monitoringa aktivnosti v umnom dome [The device for monitoring activity in a smart house]. *International Journal of Open Information Technologies*. 2015. No. 2. pp. 23-26. (rus)
- [20]. Sukhov A.O., Semkov N.A. Predmetno-orientirovanny yazyk opisaniya modeley sistem tipa «Umnyy dom» [Object-oriented language for describing models of systems such as "Smart House"]. *Matematika programmnykh sistem*. Perm: 2013. pp. 126-132. (rus)
- [21]. Limin D.P., Guskova Y.A. Modulnyy podkhod v postroyenii sistemy «Umnyy dom» [Modular approach in building the "Smart House" system]. *Informatsionnyye tekhnologii i prikladnaya matematika*. 2015. No. 5. pp. 82-88. (rus)
- [22]. Tuskayeva Z.R., Dzeboyev R.A. Sistema «umnyy dom» segodnya i zavtra [The "smart house" system today and tomorrow]. *Nauchnyye issledovaniya i razrabotki molodykh uchennykh*. 2016. No. 9. pp. 170-173. (rus)
- [23]. Yefremov A.A., Nikiforova K.A., Kanev A.N. Otsenka dostupnosti topologii seti sistemy «umnyy dom» metodom matematicheskogo modelirovaniya [Evaluation of the availability of the network topology of the "smart house" system by mathematical modeling]. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2016. No. 3. pp. 107-108. (rus)
- [24]. Pavlova S.M., Turusov D.N. «Umnyy dom»: udalenny monitoring sostoyaniya zdorovya ["Smart home": remote monitoring of health status]. *Nauchnyye issledovaniya: ot teorii k praktike*. 2016. No. 2 (8). pp. 264-266. (rus)
- [25]. Kiyamov R.V., Khmelev Ye.A., Yunusov I.F. Umnyy dom, kotoryy legko izmenit privychnuyu zhizn. [A smart house that will easily change the habitual life]. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2016. No. 9 (21). pp. 37-38. (rus)
- [26]. Chinyakov A.A. Tekhnologiya «umnyy dom» [Technology "smart house"]. *Sovremennyye tendentsii razvitiya i perspektivy vnedreniya innovatsionnykh tekhnologiy v*

- машиностроении, образовании и экономике. 2016. № 1. С. 36-37.
- [27]. Добрянский М.В., Ромашкина А.Ю. Разработка аппаратной платформы построения модулей беспроводной связи для систем «умный дом» // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 2. С. 125.
- [28]. Желонкин А.В., Ильдарханова Г.С. Системы с солнечными элементами для нетрадиционной энергетики как элементы системы «умный дом». // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 8. С. 87-89.
- [29]. Овчинников Н.А., Мисюрин К.В. Новый уровень эффективности функционирования системы «умный дом». // Инновационная наука. 2016. № 1-2 (13). С. 95-97.
- [30]. Барина Д.Г., Шавва А.А. Инновационные материалы в системе «умный дом» // Actualscience. 2016. № 12. С. 169-171.
- [31]. Batalla J.M. Gonciarz F. Deployment of smart home management system at the edge: mechanisms and protocols. *Neural Computing and Applications*. 2018. No. 30. pp. 1-15.
- [32]. Bjelica M. Communications protocol for power management in smart homes. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. 2018. No. 25. Pp. 1554-1562.
- [33]. Szabo Z., Marcoň P., Roubal Z., Zezulka F., Vesely I., Saidl O., Lahodny L. Remotely Controlled Smart Metering for the Smart Home. *Metering for the Home for the Smart*. IFAC. 2018. No. 49. Pp. 235–240.
- [34]. Zheng W., Zhao X., Kang Z. Analysis of Associativity and Community Structure in Mobile Social Networks. *Procedia Computer Science*. 2017. No. 107. Pp. 630-635.
- [35]. Брэд С., Мурар М. Умные здания с использованием IoT технологий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №5 (20). С. 15-27.
- [36]. Killeen P., Monkus J., Klessig E., Hearn D., Wu J., Smith S.C. Developing a Smart Home System. *International Conference on Embedded Systems and Applications*. 2011. pp. 148-152.
- [37]. Drossel W.G., Meinel F., Bucht A., Kunze H. Smart materials for smart production – a cross-disciplinary innovation network in the field of smart materials. *Procedia Manufacturing*. No. 21. 2018. Pp. 197-204.
- [38]. Barz C., Deaconu S.I., Latinovic T., Berdie A., Pop-Vadean A., Horgos M. PLCs used in smart home control. *Materials Science and Engineering*. 2016. No. 106. art. no. 012036.
- [39]. Kaldeli E. Warriach E.U., Lazovik A., Aiello M. Coordinating the Web of Services for a Smart Home. *ACM Transactions on the Web*. 2013. No. 2. art. no. 10.
- [40]. Mahmood D., Javaid N., Alrajeh N. Realistic Scheduling Mechanism for Smart Homes. *Energies*. 2016. No. 9. art. no. 202.
- [41]. Malche T., Maheshwary P. Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. *International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)*. 2017. pp. 63-70.
- [42]. Romadhon A.S. System Security And Monitoring On Smart Home Using Android. *Journal of Physics: Conf. Series*. 2018. No. 953. art. no. 012128.
- [43]. Smirek L., Zimmermann G., Beigl M. Just a Smart Home or Your Smart Home – A Framework for personalized User Interfaces Based on Eclipse Smart Home and Universal Remote Console. *Procedia Computer Science*. 2016. No. 98. Pp. 107–116.
- mashinostroyenii, obrazovanii i ekonomike. 2016. No. 1. pp. 36-37. (rus)
- [27]. Dobryanskiy M.V., Romashkina A.Y. Razrabotka apparatnoy platformy postroyeniya moduley besprovodnoy svyazi dlya sistem «umnyy dom» [Development of the hardware platform for building wireless communication modules for smart home systems]. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2016. No. 2. pp. 125. (rus)
- [28]. Zhelonkin A.V., Ildarkhanova G.S. Sistemy s solnechnymi elementami dlya netraditsionnoy energetiki kak elementy sistemy «umnyy dom». [Systems with solar cells for non-traditional energy as elements of the "smart house" system]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2017. No. 8. pp. 87-89. (rus)
- [29]. Ovchinnikov N.A., Misyurina K.V. Novyy uroven effektivnosti funktsionirovaniya sistemy «umnyy dom». [A new level of efficiency of the "smart house" system functioning]. *Innovatsionnaya nauka*. 2016. No. 1-2 (13). pp. 95-97. (rus)
- [30]. Barinova D.G., Shavva A.A. Innovatsionnyye materialy v sisteme «umnyy dom» [Innovative materials in the "smart house" system]. *Actualscience*. 2016. No. 12. pp. 169-171. (rus)
- [31]. Batalla J.M. Gonciarz F. Deployment of smart home management system at the edge: mechanisms and protocols. *Neural Computing and Applications*. 2018. No. 30. pp. 1-15.
- [32]. Bjelica M. Communications protocol for power management in smart homes. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. 2018. No. 25. Pp. 1554-1562.
- [33]. Szabo Z., Marcoň P., Roubal Z., Zezulka F., Vesely I., Saidl O., Lahodny L. Remotely Controlled Smart Metering for the Smart Home. *Metering for the Home for the Smart*. IFAC. 2018. No. 49. Pp. 235–240.
- [34]. Zheng W., Zhao X., Kang Z. Analysis of Associativity and Community Structure in Mobile Social Networks. *Procedia Computer Science*. 2017. No. 107. Pp. 630-635.
- [35]. Brad S., Murar M. Smart Buildings Using IoT Technologies. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 5 (20). pp. 15-27.
- [36]. Killeen P., Monkus J., Klessig E., Hearn D., Wu J., Smith S.C. Developing a Smart Home System. *International Conference on Embedded Systems and Applications*. 2011. pp. 148-152.
- [37]. Drossel W.G., Meinel F., Bucht A., Kunze H. Smart materials for smart production – a cross-disciplinary innovation network in the field of smart materials. *Procedia Manufacturing*. No. 21. 2018. Pp. 197-204.
- [38]. Barz C., Deaconu S.I., Latinovic T., Berdie A., Pop-Vadean A., Horgos M. PLCs used in smart home control. *Materials Science and Engineering*. 2016. No. 106. art. no. 012036.
- [39]. Kaldeli E. Warriach E.U., Lazovik A., Aiello M. Coordinating the Web of Services for a Smart Home. *ACM Transactions on the Web*. 2013. No. 2. art. no. 10.
- [40]. Mahmood D., Javaid N., Alrajeh N. Realistic Scheduling Mechanism for Smart Homes. *Energies*. 2016. No. 9. art. no. 202.
- [41]. Malche T., Maheshwary P. Internet of Things (IoT) for building Smart Home System. *International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)*. 2017. pp. 63-70.
- [42]. Romadhon A.S. System Security And Monitoring On Smart Home Using Android. *Journal of Physics: Conf. Series*. 2018. No. 953. art. no. 012128.
- [43]. Smirek L., Zimmermann G., Beigl M. Just a Smart Home or Your Smart Home – A Framework for personalized User Interfaces Based on Eclipse Smart Home and Universal Remote Console. *Procedia Computer Science*. 2016. No. 98. Pp. 107–116.



- [44]. Taing C.M., Rau P.-L. P., Huang H. Handpad: a virtual mouse for controlling laptops in a smart home. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. No. 7. art. no. 27.
- [45]. Khan E., Shambour K.Y.M. An analytical study of mobile applications for Hajj and Umrah services. *Applied Computing and Informatics*. 2018. No. 14. Pp. 37-47.
- [46]. Akherfi K., Gerndt M., Harroud H. Mobile cloud computing for computation offloading: Issues and challenges. *Applied Computing and Informatics*. 2018. No. 14. Pp. 1-16.
- [47]. Hobson K., Lynch N., Lilley D., Smalley G. Systems of practice and the Circular Economy: Transforming mobile phone product service systems. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 2018. No. 26. Pp. 147-157.
- [48]. Amrutha S., Aravind S., Ansu M., Swathy S., Rajasree R., Priyalakshmi S. Voice Controlled Smart Home. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2015. No 5. pp. 596-600.
- [49]. Ni Y., Miao F., Liu J., Chai J. Implementation of Wireless Gateway for Smart Home. *Communications and Network*. 2013. No. 5. Pp. 16-20.
- [50]. Lee S. M., Trimi S. Innovation for creating a smart future. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2018. No. 3. Pp. 1-8.
- [51]. Prasad Koirala B., Araghi Y., Kroesen M., Ghorbani A., Paulien M. H. Trust, awareness, and independence: Insights from a socio-psychological factor analysis of citizen knowledge and participation in community energy systems. *Energy Research & Social Science*. 2018. No. 38. Pp. 33-40.
- [52]. Bartolucci L., Cordiner S., Mulone V., Rocco V., Rossi J.L. Renewable sources integration through the optimization of the load for residential applications. *Energy Procedia*. 2017. No. 142. Pp. 2208-2213.
- [53]. Foroudi P., Gupta S., Sivarajah U., Broderick A. Investigating the effects of smart technology on customer dynamics and customer experience. *Computers in Human Behavior*. 2018. No. 80. Pp. 271-282.
- [54]. Iofciu F., Miron C., Antohe S. Graphic organizer for constructivist approach of advanced science concepts: "Magnetorezistence". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2011. No. 15. Pp. 148-152.
- [55]. Adrian R., Harwood G., Alistair J.R. Interactive flow simulation using Tegra-powered mobile devices. *Advances in Engineering Software*. 2018. No. 115. Pp. 363-373.
- [56]. Wu X., Hu X., Scott Moura, Yin X., Pickert V. Stochastic control of smart home energy management with plug-in electric vehicle battery energy storage and photovoltaic array. *Journal of Power Sources*. 2016. No. 333. Pp. 203-212.
- [57]. Barkhuus L., Vallgård A. Smart Home in Your Pocket. *Adjunct Proceedings of UbiComp*. 2014. pp. 165-166.
- [58]. Başol G., Güntürkün R., Başol E. Smart Home Design and Application. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 2017. No. 3 (6). pp. 53-58.
- [59]. Cook D.J., Crandall A.S., Thomas B.L., Krishnan N.C. CASAS: A smart home in a box. *Computer*. 2013. No. 46 (7). pp. 62-69.
- [60]. Li M., Gu W., W. Chen, He Y., Zhang Y. Smart Home: Architecture, Technologies and Systems. *Procedia Computer Science*. 2018. No. 131. Pages 393-400.
- [61]. Wu X., Hu X., Teng Y., Qian S., Cheng R. Optimal integration of a hybrid solar battery power source into smart home nanogrid with plug-in electric vehicle. *Journal of Power Sources*. 2017. No. 363. Pp. 277-283.
- [62]. Arabul F., Arabul A., Kumru C., Boynuegri A. Providing energy management of a fuel cell–battery–wind turbine–
- [44]. Taing C.M., Rau P.-L. P., Huang H. Handpad: a virtual mouse for controlling laptops in a smart home. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. No. 7. art. no. 27.
- [45]. Khan E., Shambour K.Y.M. An analytical study of mobile applications for Hajj and Umrah services. *Applied Computing and Informatics*. 2018. No. 14. Pp. 37-47.
- [46]. Akherfi K., Gerndt M., Harroud H. Mobile cloud computing for computation offloading: Issues and challenges. *Applied Computing and Informatics*. 2018. No. 14. Pp. 1-16.
- [47]. Hobson K., Lynch N., Lilley D., Smalley G. Systems of practice and the Circular Economy: Transforming mobile phone product service systems. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 2018. No. 26. Pp. 147-157.
- [48]. Amrutha S., Aravind S., Ansu M., Swathy S., Rajasree R., Priyalakshmi S. Voice Controlled Smart Home. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2015. No 5. pp. 596-600.
- [49]. Ni Y., Miao F., Liu J., Chai J. Implementation of Wireless Gateway for Smart Home. *Communications and Network*. 2013. No. 5. Pp. 16-20.
- [50]. Lee S. M., Trimi S. Innovation for creating a smart future. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2018. No. 3. Pp. 1-8.
- [51]. Prasad Koirala B., Araghi Y., Kroesen M., Ghorbani A., Paulien M. H. Trust, awareness, and independence: Insights from a socio-psychological factor analysis of citizen knowledge and participation in community energy systems. *Energy Research & Social Science*. 2018. No. 38. Pp. 33-40.
- [52]. Bartolucci L., Cordiner S., Mulone V., Rocco V., Rossi J.L. Renewable sources integration through the optimization of the load for residential applications. *Energy Procedia*. 2017. No. 142. Pp. 2208-2213.
- [53]. Foroudi P., Gupta S., Sivarajah U., Broderick A. Investigating the effects of smart technology on customer dynamics and customer experience. *Computers in Human Behavior*. 2018. No. 80. Pp. 271-282.
- [54]. Iofciu F., Miron C., Antohe S. Graphic organizer for constructivist approach of advanced science concepts: "Magnetorezistence". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2011. No. 15. Pp. 148-152.
- [55]. Adrian R., Harwood G., Alistair J.R. Interactive flow simulation using Tegra-powered mobile devices. *Advances in Engineering Software*. 2018. No. 115. Pp. 363-373.
- [56]. Wu X., Hu X., Scott Moura, Yin X., Pickert V. Stochastic control of smart home energy management with plug-in electric vehicle battery energy storage and photovoltaic array. *Journal of Power Sources*. 2016. No. 333. Pp. 203-212.
- [57]. Barkhuus L., Vallgård A. Smart Home in Your Pocket. *Adjunct Proceedings of UbiComp*. 2014. pp. 165-166.
- [58]. Başol G., Güntürkün R., Başol E. Smart Home Design and Application. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 2017. No. 3 (6). pp. 53-58.
- [59]. Cook D.J., Crandall A.S., Thomas B.L., Krishnan N.C. CASAS: A smart home in a box. *Computer*. 2013. No. 46 (7). pp. 62-69.
- [60]. Li M., Gu W., W. Chen, He Y., Zhang Y. Smart Home: Architecture, Technologies and Systems. *Procedia Computer Science*. 2018. No. 131. Pages 393-400.
- [61]. Wu X., Hu X., Teng Y., Qian S., Cheng R. Optimal integration of a hybrid solar battery power source into smart home nanogrid with plug-in electric vehicle. *Journal of Power Sources*. 2017. No. 363. Pp. 277-283.
- [62]. Arabul F., Arabul A., Kumru C., Boynuegri A. Providing energy management of a fuel cell–battery–wind turbine–

- solar panel hybrid off grid smart home system. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2017. No. 42. Pp. 26906-26913.
- [63]. Бегич Я.Э., Шерстобитова П.А., Концепция Smart City как стратегия управления городской инфраструктурой // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №8 (59). С. 27-40.
- [64]. Pimm A.J., Cockerill T.T., Taylor P.G. The potential for peak shaving on low voltage distribution networks using electricity storage. *Journal of Energy Storage*. 2018. No. 16. Pp. 231-242.
- [65]. Yang J., Lu Z., Wu J. Smart-toy-edge-computing-oriented data exchange based on blockchain. *Journal of Systems Architecture*. 2018. No. 87. Pp. 36-48.
- [66]. Chua S., Foo L.K. Sensor Selection in Smart Homes. *Procedia Computer Science*. 2015. No. 69. Pp. 116–124.
- [67]. Maheshwari D.G., Umesh I.M. A Study on Internet of Things based Smart Home. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*. 2017. No. 6. pp. 1286-1288.
- [68]. Vanus J., Belesova J., Martinek R., Nedoma J., Fajkus M., Bilik P., Zidek J. Monitoring of the daily living activities in smart home care. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. No. 7. art. no. 30
- [69]. Castorani V., Rossi M., Germani M., Mandolini M., Vita A. Life Cycle Assessment of Home Smart Objects: Kitchen Hood Cases. *Procedia CIRP*. 2018. No. 69. Pp. 499-504.
- [70]. Valero S., del Val E., Alemany J., Botti V. Enhancing smart-home environments using Magentix. *Journal of Applied Logic*. No. 24. 2017. Pp. 32-44.
- [71]. Popoola S.I., Atayero A.A., Arausi O.D., Victor O. Path loss dataset for modeling radio wave propagation in smart campus environment. *Data in Brief*. 2018. No. 17. Pp. 1062-1073.
- [72]. Samadi Z., Yunus R.M. Conflict of Image and Identity in Heritage. *Commercialization Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2012. No. 50. Pp. 675-684.
- [73]. Moon S. Application of Mobile Devices in Remotely Monitoring Temporary Structures During Concrete Placement. *Procedia Engineering*. 2017. No. 196, Pp. 128-134.
- [74]. Alshammari N., Alshammari T., Sedky M., Champion J., Bauer C. OpenSHS: Open Smart Home Simulator. *Sensors*. 2017. No. 17. art. no. 1003.
- [75]. Birchley G., Huxtable R., Murtagh M., Meulen R., Flach P., Goberman-Hill R. Smart homes, private homes? An empirical study of technology researchers perceptions of ethical issues in developing smart-home health technologies. *BMC Medical Ethics*. 2017. No. 18. art. no. 23.
- [76]. Dahiya M. Issues and Countermeasures for Smart Home Security Research in Engineering. *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*. 2017. No. 4. pp. 124-126.
- [77]. Jäger M., Phan T.N., Nadschläger S. The Trustworthiness of Data in Smart Homes. *FAIMA Business and Management Journal*. 2016. No. 4. pp. 17-26.
- [78]. Kang W.M., Moon S.Y., Park J.H. An enhanced security framework for home appliances in smart home. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. No. 7. art. no. 6.
- [79]. Kumar P., Braeken A., Gurtov A., Iinatti J., Ha. P.H. Anonymous Secure Framework in Connected Smart Home Environments. *Transactions on information forensics and security*. 2017. No. 4. Pp. 968-979.
- [80]. Urquhart L., McAuley D. Avoiding the internet of insecure industrial things. *Computer Law & Security Review*. 2018. No. 34. Pp. 450-466.
- [63]. Begich Y.E., Sherstobitova P.A. The Smart City concept as an urban infrastructure management strategy. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2017. No. 8 (59). Pp. 27-40. (rus).
- [64]. Pimm A.J., Cockerill T.T., Taylor P.G. The potential for peak shaving on low voltage distribution networks using electricity storage. *Journal of Energy Storage*. 2018. No. 16. Pp. 231-242.
- [65]. Yang J., Lu Z., Wu J. Smart-toy-edge-computing-oriented data exchange based on blockchain. *Journal of Systems Architecture*. 2018. No. 87. Pp. 36-48.
- [66]. Chua S., Foo L.K. Sensor Selection in Smart Homes. *Procedia Computer Science*. 2015. No. 69. Pp. 116–124.
- [67]. Maheshwari D.G., Umesh I.M. A Study on Internet of Things based Smart Home. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*. 2017. No. 6. pp. 1286-1288.
- [68]. Vanus J., Belesova J., Martinek R., Nedoma J., Fajkus M., Bilik P., Zidek J. Monitoring of the daily living activities in smart home care. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. No. 7. art. no. 30
- [69]. Castorani V., Rossi M., Germani M., Mandolini M., Vita A. Life Cycle Assessment of Home Smart Objects: Kitchen Hood Cases. *Procedia CIRP*. 2018. No. 69. Pp. 499-504.
- [70]. Valero S., del Val E., Alemany J., Botti V. Enhancing smart-home environments using Magentix. *Journal of Applied Logic*. No. 24. 2017. Pp. 32-44.
- [71]. Popoola S.I., Atayero A.A., Arausi O.D., Victor O. Path loss dataset for modeling radio wave propagation in smart campus environment. *Data in Brief*. 2018. No. 17. Pp. 1062-1073.
- [72]. Samadi Z., Yunus R.M. Conflict of Image and Identity in Heritage. *Commercialization Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2012. No. 50. Pp. 675-684.
- [73]. Moon S. Application of Mobile Devices in Remotely Monitoring Temporary Structures During Concrete Placement. *Procedia Engineering*. 2017. No. 196, Pp. 128-134.
- [74]. Alshammari N., Alshammari T., Sedky M., Champion J., Bauer C. OpenSHS: Open Smart Home Simulator. *Sensors*. 2017. No. 17. art. no. 1003.
- [75]. Birchley G., Huxtable R., Murtagh M., Meulen R., Flach P., Goberman-Hill R. Smart homes, private homes? An empirical study of technology researchers perceptions of ethical issues in developing smart-home health technologies. *BMC Medical Ethics*. 2017. No. 18. art. no. 23.
- [76]. Dahiya M. Issues and Countermeasures for Smart Home Security Research in Engineering. *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*. 2017. No. 4. pp. 124-126.
- [77]. Jäger M., Phan T.N., Nadschläger S. The Trustworthiness of Data in Smart Homes. *FAIMA Business and Management Journal*. 2016. No. 4. pp. 17-26.
- [78]. Kang W.M., Moon S.Y., Park J.H. An enhanced security framework for home appliances in smart home. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. No. 7. art. no. 6.
- [79]. Kumar P., Braeken A., Gurtov A., Iinatti J., Ha. P.H. Anonymous Secure Framework in Connected Smart Home Environments. *Transactions on information forensics and security*. 2017. No. 4. Pp. 968-979.
- [80]. Urquhart L., McAuley D. Avoiding the internet of insecure industrial things. *Computer Law & Security Review*. 2018. No. 34. Pp. 450-466.
- [81]. Burrows A., Coyle D., Goberman-Hill R. Privacy, boundaries and smart homes for health: An ethnographic study. *Health & Place*. 2018. No. 50. Pp. 112-118.

- [81]. Burrows A., Coyle D., Gooberman-Hill R. Privacy, boundaries and smart homes for health: An ethnographic study. *Health & Place*. 2018. No. 50. Pp. 112-118.
- [82]. Tejani D., Al-Kuwari A.M., Potdar V. Energy conservation in a smart home. 5th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies. Daejeon: 2011. pp. 241-246.
- [83]. Pau G. Colotta M., Ruano A., Qin J. Smart Home Energy Management. *Energies*. 2017. No. 10. at. no. 382.
- [84]. Stinson J., Reid A., Bros-Williamson J. Energy behaviour change by coloured in-home. 41st IAHS World congress: sustainability and innovation for the future. Albufeira: 2016. pp. 1-10.
- [85]. Solé J., García-Olivares A., Turiel A., Ballabrera-Poy J. Renewable transitions and the net energy from oil liquids: A scenarios study. *Renewable Energy*. 2018. No. 116. Pp. 258-271.
- [86]. Zuccari F., Santiangeli A., Orecchini F. Simulation of Operating Conditions of a Home Energy System Composed by Home Appliances and Integrated PV Powerplant with Storage. *Energy Procedia*. 2016. No. 101. Pp. 456-463.
- [87]. Botelho A., Pinto M.C., Lourenço-Gomes L., Valente M., Sousa S. Public Perceptions of Environmental Friendliness of Renewable Energy Power Plants. *Energy Procedia*. 2016. No. 106. Pp. 73-86.
- [88]. Fan X., Qiu B., Liu Y., Zhu H., Han B. Energy Visualization for Smart Home. *Energy Procedia*. 2017. No. 105. Pp. 2545-2548.
- [89]. Romanach L., Leviston Z., Jeanneret T., Gardner J. Low-carbon homes, thermal comfort and household practices: Uplifting the energy-efficiency discourse. *Energy Procedia*. 2017. No. 121. Pp. 238-245.
- [90]. Cedrick B.Z., Long P.W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP. Approach *Energy Procedia*. 2017. No. 115. Pp. 229-238.
- [91]. Singaravelan A., Kowsalya M. A novel minimum cost maximum power algorithm for future smart home energy management. *Journal of Advanced Research*. 2017. No. 8. Pp. 731- 741.
- [92]. von Geibler J., Bienge K., Schüwer D., Berthold O., Ostermeyer Y. Identifying business opportunities for green innovations: A quantitative foundation for accelerated micro-fuel cell diffusion in residential buildings. *Energy Reports*. 2018. No. 4. Pp. 226-242.
- [93]. Erdil A., Erbyik H. Renewable Energy Sources of Turkey and Assessment of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015. No. 207. Pp. 669-679.
- [94]. Michael A. Z. Foresight by online communities – The case of renewable energies. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. No. 129. Pp. 27-42.
- [95]. Dempsey S., Lyons S., Nolan A. Urban green space and obesity in older adults: Evidence from Ireland. *SSM - Population Health*. 2018. No. 4. Pp. 206-215.
- [96]. Aronova E., Vatin N., Murgul V. Design Energy-Plus-House for the Climatic Conditions of Macedonia. *Procedia Engineering*. 2015. No. 117. p. 766-774.
- [97]. Amiribesheli M., Bouchachia H. A Tailored Smart Home for Dementia Care. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2017. No. 8. pp. 1-28.
- [98]. Masciadri A., Trofimova A.A., Matteucci M. Human behavior drift detection in a smart home environment. *Studies in health technology and informatics*. 2017. No. 242. Pp. 199-203.
- [99]. Rakshith M. D., Harish H., Thyagaraju G. S. A Smart Home Application for Resident Activity Prediction. *Journal of Android and IOS Applications and Testing*. 2017. No. 2. pp. 1-8.
- [82]. Tejani D., Al-Kuwari A.M., Potdar V. Energy conservation in a smart home. 5th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies. Daejeon: 2011. pp. 241-246.
- [83]. Pau G. Colotta M., Ruano A., Qin J. Smart Home Energy Management. *Energies*. 2017. No. 10. at. no. 382.
- [84]. Stinson J., Reid A., Bros-Williamson J. Energy behaviour change by coloured in-home. 41st IAHS World congress: sustainability and innovation for the future. Albufeira: 2016. pp. 1-10.
- [85]. Solé J., García-Olivares A., Turiel A., Ballabrera-Poy J. Renewable transitions and the net energy from oil liquids: A scenarios study. *Renewable Energy*. 2018. No. 116. Pp. 258-271.
- [86]. Zuccari F., Santiangeli A., Orecchini F. Simulation of Operating Conditions of a Home Energy System Composed by Home Appliances and Integrated PV Powerplant with Storage. *Energy Procedia*. 2016. No. 101. Pp. 456-463.
- [87]. Botelho A., Pinto M.C., Lourenço-Gomes L., Valente M., Sousa S. Public Perceptions of Environmental Friendliness of Renewable Energy Power Plants. *Energy Procedia*. 2016. No. 106. Pp. 73-86.
- [88]. Fan X., Qiu B., Liu Y., Zhu H., Han B. Energy Visualization for Smart Home. *Energy Procedia*. 2017. No. 105. Pp. 2545-2548.
- [89]. Romanach L., Leviston Z., Jeanneret T., Gardner J. Low-carbon homes, thermal comfort and household practices: Uplifting the energy-efficiency discourse. *Energy Procedia*. 2017. No. 121. Pp. 238-245.
- [90]. Cedrick B.Z., Long P.W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP. Approach *Energy Procedia*. 2017. No. 115. Pp. 229-238.
- [91]. Singaravelan A., Kowsalya M. A novel minimum cost maximum power algorithm for future smart home energy management. *Journal of Advanced Research*. 2017. No. 8. Pp. 731- 741.
- [92]. von Geibler J., Bienge K., Schüwer D., Berthold O., Ostermeyer Y. Identifying business opportunities for green innovations: A quantitative foundation for accelerated micro-fuel cell diffusion in residential buildings. *Energy Reports*. 2018. No. 4. Pp. 226-242.
- [93]. Erdil A., Erbyik H. Renewable Energy Sources of Turkey and Assessment of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015. No. 207. Pp. 669-679.
- [94]. Michael A. Z. Foresight by online communities – The case of renewable energies. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. No. 129. Pp. 27-42.
- [95]. Dempsey S., Lyons S., Nolan A. Urban green space and obesity in older adults: Evidence from Ireland. *SSM - Population Health*. 2018. No. 4. Pp. 206-215.
- [96]. Aronova E., Vatin N., Murgul V. Design Energy-Plus-House for the Climatic Conditions of Macedonia. *Procedia Engineering*. 2015. No. 117. p. 766-774.
- [97]. Amiribesheli M., Bouchachia H. A Tailored Smart Home for Dementia Care. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2017. No. 8. pp. 1-28.
- [98]. Masciadri A., Trofimova A.A., Matteucci M. Human behavior drift detection in a smart home environment. *Studies in health technology and informatics*. 2017. No. 242. Pp. 199-203.
- [99]. Rakshith M. D., Harish H., Thyagaraju G. S. A Smart Home Application for Resident Activity Prediction. *Journal of Android and IOS Applications and Testing*. 2017. No. 2. pp. 1-8.
- [100]. Seth D., Chakraborty D., Ghosh D. Smart Home for Paralyzed Aid Smart Home for Paralyzed Aid. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017. No. 4. pp. 1-7.

- [100]. Seth D., Chakraborty D., Ghosh D. Smart Home for Paralyzed Aid Smart Home for Paralyzed Aid. International Research Journal of Engineering and Technology. 2017. No. 4. pp. 1-7.
- [101]. Luck R. Inclusive design and making in practice: Bringing bodily experience into closer contact with making. Design Studies. 2018. No. 54. Pp. 96-119.
- [102]. Joshy N. M., George S., Augustine N. K., Johnson R., Terese Joseph C. Website Analysis for Parental Control Procedia Computer Science. 2016. No. 93. Pp. 910-916.
- [103]. Grace S., Taherzadeh G., Chang I., Boger J., Mihailidis A. Perceptions of seniors with heart failure regarding autonomous zero-effort monitoring of physiological parameters in the smart-home environment. Heart & Lung: The Journal of Acute and Critical Care. 2017. No. 46. Pp. 313-319.
- [104]. Shamim Hossain M., Abdur Rahman M., Ghulam M. Cyber-physical cloud-oriented multi-sensory smart home framework for elderly people: An energy efficiency perspective. Journal of Parallel and Distributed Computing. 2017. No. 103. Pp. 11-21.
- [105]. Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С., Зыкова В.В., Карпеня А.Н., Ким А.А., Финашенков Е.А. 3D-печать в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №1 (52). С. 27-46.
- [106]. Herou S., Schlee P., Jorge A. B., Titirici M. Biomass-derived electrodes for flexible supercapacitors. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. 2018. No. 9. Pp. 18-24.
- [107]. Skocir P., Krivic P., Tomelj M., Kusek M., Jezic G. Activity detection in smart home environment. Procedia Computer Science. 2016. No. 96. Pp. 672-681.
- [108]. Synnott J., Nugent C., Jeffers P. Simulation of Smart Home Activity Datasets. Sensors. 2015. No. 15. Pp. 14162-14179.
- [109]. Yao H., Wang X., Wu L., Jiang D., Liang D. Prediction Method for Smart Meter Life Based On Big Data. Procedia Engineering. 2018. No. 211. Pp. 1111-1114.
- [110]. Ray B., Shaw R. Changing built form and implications on urban resilience: loss of climate responsive and socially interactive spaces. Procedia Engineering. 2018. No. 212. Pp. 117-124.
- [111]. Michalos G., Makris S., Aivaliotis P., Matthaiakis S., Chryssolouris G. Autonomous Production Systems Using Open Architectures and Mobile Robotic. Structures Procedia CIRP. 2015. No. 28. Pp. 119-124.
- [101]. Luck R. Inclusive design and making in practice: Bringing bodily experience into closer contact with making. Design Studies. 2018. No. 54. Pp. 96-119.
- [102]. Joshy N. M., George S., Augustine N. K., Johnson R., Terese Joseph C. Website Analysis for Parental Control Procedia Computer Science. 2016. No. 93. Pp. 910-916.
- [103]. Grace S., Taherzadeh G., Chang I., Boger J., Mihailidis A. Perceptions of seniors with heart failure regarding autonomous zero-effort monitoring of physiological parameters in the smart-home environment. Heart & Lung: The Journal of Acute and Critical Care. 2017. No. 46. Pp. 313-319.
- [104]. Shamim Hossain M., Abdur Rahman M., Ghulam M. Cyber-physical cloud-oriented multi-sensory smart home framework for elderly people: An energy efficiency perspective. Journal of Parallel and Distributed Computing. 2017. No. 103. Pp. 11-21.
- [105]. Vatin N., Chumadova L., Goncharov I., Zykova V., Karpenya A., Kim A., Finashenkov E. 3D printing in construction. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. No. 1 (52). Pp. 27-46. (rus).
- [106]. Herou S., Schlee P., Jorge A. B., Titirici M. Biomass-derived electrodes for flexible supercapacitors. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. 2018. No. 9. Pp. 18-24.
- [107]. Skocir P., Krivic P., Tomelj M., Kusek M., Jezic G. Activity detection in smart home environment. Procedia Computer Science. 2016. No. 96. Pp. 672-681.
- [108]. Synnott J., Nugent C., Jeffers P. Simulation of Smart Home Activity Datasets. Sensors. 2015. No. 15. Pp. 14162-14179.
- [109]. Yao H., Wang X., Wu L., Jiang D., Liang D. Prediction Method for Smart Meter Life Based On Big Data. Procedia Engineering. 2018. No. 211. Pp. 1111-1114.
- [110]. Ray B., Shaw R. Changing built form and implications on urban resilience: loss of climate responsive and socially interactive spaces. Procedia Engineering. 2018. No. 212. Pp. 117-124.
- [111]. Michalos G., Makris S., Aivaliotis P., Matthaiakis S., Chryssolouris G. Autonomous Production Systems Using Open Architectures and Mobile Robotic. Structures Procedia CIRP. 2015. No. 28. Pp. 119-124.

**Мохирева А.О., Логинова П.В., Мелехин Е.М., Беспалов В.В. Умный дом, как фактор преобразования строительства// Alfabuild. 2018. №3(5). С. 7-19**

**Mokchireva A., Loginova P., Melekhin E., Bespalov V. Smart home as a factor of the transformation of construction. Alfabuild, 2018, 3(5), Pp. 7-19(rus)**

---

## Smart home as a factor of the transformation of construction

A. Mokchireva<sup>1</sup>, P. Loginova<sup>2</sup>, E. Melekhin<sup>3</sup>, V.V. Bespalov<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

---

Article info

review article

### Abstract

*With the development of information technology in modern buildings begins the introduction of smart home systems. At the same time, such systems are practically not investigated from the standpoint of building science. To identify emerging, in this regard, areas of expansion of the construction sector potential, an analytical review of existing studies was conducted. The review included research related to the structure of the system and UI, with an estimation of economic efficiency and possibilities of use, including several analytical surveys from the standpoint of specialists in the field of information technology. There were several areas that can be used in the design and construction of buildings. The directions for further research of smart home systems, including the connection with BIM-design and construction organization, development of a universal model of the basic system and the development of new approaches to the design of architecture, structures and engineering systems, are also proposed*

Keywords:

smart home, automation, smart city, modular approach, technology, voice control, implementation of smart home system, home control.

---

---

#### Corresponding author

1. +7(922)9690863, mohirevaarina@mail.ru (Mokchireva Arina, Student)
2. +7(999)2166339, loginova.pv@edu.spbstu.ru (Loginova Polina, Student)
3. +7(999)2166339, melechin.egor@gmail.com (Melekhin Egor, Student)