

## КОНЦЕПЦИЯ «УМНОГО ЗДАНИЯ» В АРХИТЕКТУРЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ СОРУЖЕНИЙ

*Рассмотрена актуальная проблема разработки интеллектуальных зданий и сооружений в современной архитектуре.*

*Проведен анализ мирового опыта по данной проблеме. Показаны исторические аспекты развития этого направления. Приведены примеры наиболее значимых проектов в мировой практике.*

*Показано, что разработка проекта умного здания является комплексной и технически сложной задачей. Эта задача должна найти оптимальное решение среди множества противоречивых требований. Она должна учитывать условия внешней среды, сезонные и годовые изменения климата, ориентацию здания по сторонам света, источники снабжения, включая воду, электричество и тепло, чтоб создать совершенную объемно-пространственную структуру здания*

*В проекте должна быть предусмотрена многоуровневая система компьютерного управления для оптимального функционирования всех систем промышленных и гражданских сооружений.*

*Показано, что все эти задачи можно решить только с применением современных проектных CAD систем, которые должны быть объединены в единую проектную систему, нацеленную на решение создания комплексного проекта «умного здания».*

*Для решения поставленных задач необходимо создание системы подготовки специалистов очень высокого уровня, которые несут ответственность за принятие стратегических решений: архитекторов, градостроителей, инженеров, экономистов, энергетиков и др.*

*Приводятся данные по особенностям развития проектов умных зданий в Европе и России. Показаны цифры растущего рынка в стране и за рубежом.*

*Цель статьи – обозначить мировую тенденцию развития современной архитектуры в направлении создания интеллектуальных, промышленных и гражданских сооружений, характеризующихся высокими эстетическими качествами. Это проявляется в высокохудожественных решениях фасадов промышленных и гражданских зданий, органически увязанных с архитектурной композицией покрытий и элементов инфраструктуры.*

**Ключевые слова:** энергоэффективное здание, энергосбережение, умный дом, проектная система, интеллектуальное здание, автоматизированная система управления зданием.

Gandzha S. , Shabiev S.

## THE CONCEPT OF A «SMART BUILDING» IN THE ARCHITECTURAL CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL AND CIVIL STRUCTURES

*The current problem of the development of intelligent buildings and structures in modern architecture is considered.*

*An analysis of the world's experience on this issue has been carried out. The historical*

aspects of the development of this direction are shown. Examples of the most significant projects in the world practice are given.

It is shown that the development of a smart building project is a complex and technically challenging task. This task must find the best solution among the many conflicting demands. It must take into account the environment conditions, seasonal and annual climate changes, the orientation of the building on the sides of the world,, sources of supply, including water, electricity and heat, to create a perfect volume-spatial structure of the building

The project should provide a multi-level computer management system for the optimal functioning of all systems of industrial and civil structures.

It is shown that all these problems can be solved only with the use of modern design CAD systems, which should be combined into a single design system aimed at solving the creation of a complex project of «smart building.»

To solve the problems, it is necessary to create a system of training specialists of a very high level, who are responsible for making strategic decisions: architects, urban planners, engineers, economists, energy engineers.

Data on the specifics of the development of smart building projects in Europe and Russia are provided. The figures of the growing market with both country and abroad are shown.

The purpose of the article is to mark the global trend of the development of modern architecture in the direction of creating intellectual, industrial and civil structures characterized by high aesthetic qualities. This is evident in the highly artistic solutions of industrial and civil facades, organically linked to architectural compositions of coatings and infrastructure elements.

**Keywords:** energy efficient building, energy saving, smart home, project system, intelligent building, automated building management system.

## Введение

Особенностью развития мировой и отечественной архитектуры является использование новейших научно-технических достижений и технологий [1-4]. Как правило, современная градостроительство развивается на стыке различных дисциплин, включая в себя архитектурный дизайн, материаловедение, энергетику, компьютеризацию, экологию. Следует отметить, что все эти тенденции находятся в противоречивой зависимости. Для комплексного решения проблем архитектуры необходимо создание систем автоматизированного проектирования, в том числе с элементами искусственного интеллекта которые должны сгладить эти противоречия и найти оптимальное решение [5].

Одним из магистральных направлений этого развития является разработка интеллектуальных промышленных и гражданских сооружений, так называемых «Умных зданий». «Умное здание» – это компьютерная система, которая обеспечивает безопасность, ресурсосбережение и комфорт для всех пользователей. В простейшем случае она должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в здании, и соответствующим образом на них реагировать. Одна из систем

может управлять поведением других по заранее выработанным алгоритмам. Кроме того, от автоматизации нескольких подсистем обеспечивается синергетический эффект для всего комплекса. В автоматизированном режиме в соответствии с внешними и внутренними условиями задаются и отслеживаются режимы работы всех инженерных систем и электроприборов.

Из истории этого вопроса следует отметить следующее. Термин «интеллектуальное здание» (IB – Intelligent Building) появился в США в начале 1980-х годов и примерно через десять лет проник на отечественный рынок. В последнее время это понятие все чаще можно встретить в статьях и рекламных объявлениях, в прессе, в Интернете. Следует заметить, что «интеллектуальное здание» – не очень точный перевод английского термина. В данном случае слово «intelligent» (в буквальном переводе – «понимающий», «разумный», «умный») следует понимать, как умение распознавать определенные ситуации и каким-либо образом на них реагировать.

В 1987 году в стране был представлен проект радиоэлектронного оснащения жилища «СФИНКС», по своей сути напоминающий идею современного «умного здания». Глав-

ной изюминкой проекта был центральный процессор, состоящий из нескольких блоков, а также пульты управления — малый пульт со съемным дисплеем и большой с псевдосенсорными клавишами. Как малый, так и большой пульты содержат микрофоны управления голосом. Проект был разработан в ВНИИТЭ и публиковался в нескольких журналах «Техническая эстетика».

В 1995 году разработчики технологий Java предрекали одним из основных назначений для этой технологии увеличения интеллекта бытовых приборов — например, холодильник сам будет заказывать продукты из магазина. Промышленного распространения эта идея не получила, но такие компании, как Miele и Siemens, уже выпускают бытовую технику с возможностью включения в «умные здания».

Осенью 2012 года компания Panasonic анонсировала полномасштабное производство систем управления энергией SMARTHEMS, предназначенных для «умных домов». Panasonic обещает ввести совместимость с системой HEMS во всю линейку своих бытовых приборов, таких как: кондиционеры, «умная» кухонная техника и системы горячего водоснабжения EcoCute.

Разработанная в наше время система AiSEG позволяет связать все оборудование и домашние устройства в единую сеть, организовав отображение информации о работе солнечных батарей, расходе электричества, газа, воды и автоматический контроль работы бытовых приборов с помощью протокола ECHONET Lite.

Для подготовки специалистов, способных решить эти задачи, необходимо специальное обучение, которое бы объединило комплекс компетенций различных дисциплин.

#### **Техническая основа умного здания**

Технической основой умных зданий является Автоматизированная система управления зданием (АСУЗ) (англ. Building Management System, BMS, нем. Gebaudeleittechniksystem, GLT). Она предназначена для автоматизации процессов и операций, которые реализуются в современных зданиях. Достаточно часто в литературе встречается употребление термина АСУЗ, как системы для автоматизации инженерных систем (или систем жизнеобеспечения) здания: вентиляции, отопления и кондиционирования, водоснабжения и канализации, электроснабжения и освещения [6-17]. В больших и сложных зданиях можно выделить несколько десятков инженерных систем. Основными целями создания АСУЗ

являются повышение безопасности, улучшение комфорта и обеспечение эффективности ресурсопотребления (в том числе за счет участия в управлении спросом на электроэнергию). Это комплексная задача, часто имеющая под собой определенную (конкретную для компании, использующей здание) бизнес концепцию. Результат достигается за счет лучшего качества работы систем жизнеобеспечения здания при сокращении расходов на обслуживающий персонал. В мире практически все современные объекты коммерческой недвижимости и жилые здания оснащаются АСУЗ. В России этот процесс только в начале своего развития.

Бытует мнение, что АСУЗ следует различать на системы для коммерческих объектов недвижимости и на системы для коттеджей, дач и отдельных квартир. Таким образом, определяются два сектора рынка: автоматизация зданий и домашняя автоматизация [18-25].

При построении АСУЗ, как правило, реализуется три уровня автоматизации (рис.1):

Верхний – уровень диспетчеризации и администрирования (Management Level) с базами данных и статистическими функциями, на котором осуществляется взаимодействие между персоналом (операторами, диспетчерами, пр.) и системой через человеко-машинный интерфейс, реализованный в основном на базе компьютерных средств и SCADA-систем. Этот же уровень должен отвечать за информационное взаимодействие с уровнем предприятия.

Средний – уровень автоматического (автоматизированного) управления (Automation Level) функциональными процессами, основными компонентами которого являются контроллеры управления, модули ввода-вывода сигналов и различное коммутационное оборудование.

Нижний – «полевой» уровень (уровень оконечных устройств) (Field Level) с функциями входа/выхода, включающий в себя датчики и исполнительные механизмы, а также кабельные соединения между устройствами и нижним-средним уровнями.

В мире разработаны сотни 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 теплотехнике).

Система освещения (Lighting control systems, LCS) контролирует уровень освещенности в помещении, в том числе для экономии электроэнергии за счет рационального использования естественного освещения.

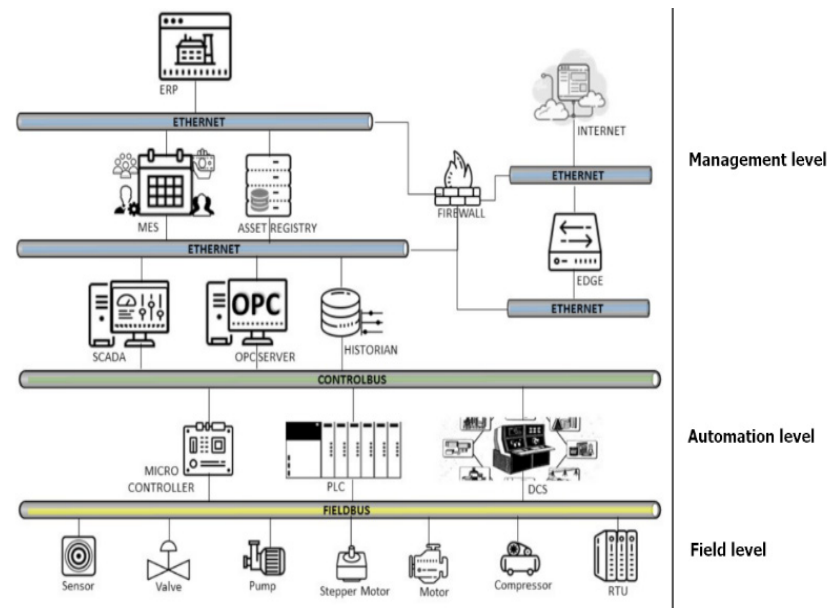


Рис.1. Уровни автоматизации «умного здания»

С 2013 года в России действует первый профильный ГОСТ Р 55060-2012 «Системы управления зданий и сооружений автоматизированные. Термины и определения»

**Технические системы автоматизации зданий**

Под термином «умное здание» обычно понимают интеграцию следующих систем в единую систему управления зданием:

- Системы управления и связи;
  - Система отопления, вентиляции и кондиционирования;
  - Система освещения;
  - Система электропитания здания;
  - Система безопасности и мониторинга.
- Система управления и связи включает в себя: управление с одного места аудио-, видеотехникой, домашним кинотеатром, мультимедиа: удалённое управление электроприборами, приводами механизмов и всеми системами автоматизации, механизацию здания (открытие/закрытие ворот, шлагбаумов, электроподогрев ступеней и т. п.)

Система отопления, вентиляции и кондиционирования (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC) обеспечивает регуляцию температуры, влажности и поступление свежего воздуха. Кроме этого, HVAC экономит энергию за счёт рационального использования температуры среды. Некоторые подсистемы, которые в нее входят: управляемый через сеть кондиционер, механизмы автоматического открытия/закрытия окон для поступления холодного или теплого воздуха в подходящее время суток.

ценности в помещении, в том числе для экономии электроэнергии за счет рационального использования естественного освещения. В нее обычно входят: автоматика для включения/выключения света в заданное время суток; датчики движения для включения света только тогда, когда в помещении кто-то находится; автоматика для открытия/закрытия ставней, жалюзи, для регулировки прозрачности специальных оконных стекол; дистанционное включение или отключение розеток.

Системы электропитания обеспечивают бесперебойное питание, в том числе за счет автоматического переключения на альтернативные источники электропитания. Некоторые подсистемы, которые могут в нее войти: автоматический ввод резерва, промышленные источники бесперебойного питания, дизель-генераторы, альтернативные источники (ветроустановки, солнечные панели), стационарная сеть.

В систему безопасности и мониторинга входят следующие подсистемы: система видеонаблюдения; система контроля доступа в помещения; охранно-пожарная сигнализация (в том числе контроль утечек газа); телеметрия (удалённое слежение за системами); система защиты от протечек (автоматическая блокировка водоснабжения при протечке и заливе помещения, которая состоит из контролирующего устройства, специальных кранов и датчиков, детектирующих затопление (аквасторож, Neptun, гидролок и другие); GSM-мониторинг (удалённое информирование)

ние об инцидентах в доме и управление системами дома через телефон; имитация присутствия.

Таким образом, интеллектуальное здание – это новый уровень эстетики, удобства, безопасности и комфорта, разумное использование электроэнергии, уменьшение расходов на ремонт и эксплуатацию.

Процесс управления обычным зданием требует вовлечения большого количества работников, которые следят за системами здания. В интеллектуальном здании система управления самостоятельно контролирует множество параметров, принимая соответствующие решения.

#### **Концепция интеллектуального здания**

Мировой опыт эксплуатации зданий свидетельствует о том, что подсистемы здания нельзя рассматривать как обособленные. Взаимосвязь подсистем становится особенно важна при возникновении критических ситуаций (например, отказ одной из подсистем жизнеобеспечения здания, пожар, затопление здания, стихийное бедствие, несанкционированный доступ на объект и т. д.)

Концепция интеллектуального здания заключается в создании единой взаимосвязанной системы управления всеми инженерными системами здания, которая обеспечивает создание комфортной и безопасной среды обитания внутри здания при одновременной минимизации расходов на поддержание этой среды. Интеллектуальное здание представляет собой совокупность инженерно-технических решений и организационных мероприятий, направленных на создание высокоэффективной системы управления зданием (Building Management Systems, BMS), максимально отвечающей потребностям пользователей и владельцев этого интеллектуального здания.

Система управления зданием – один из основных компонентов интеллектуального здания – комплекс программно-аппаратных средств, основной задачей которого является обеспечение надежного и гарантированного управления всеми подсистемами здания при его эксплуатации. Система способна за счет анализа полной неразобранной информации, получаемой от всех эксплуатируемых подсистем (например, пожарная сигнализация, система теленаблюдения, телефонная сеть, система климатизации и т. д.), принять правильное решение и выполнить соответствующее действие или проинформировать о событии соответствующую службу.

Принципиально важным является понимание того, что каждый элемент интеллекту-

ального здания должен являться интеллектуальным элементом, то есть при его проектировании должна быть использована методология, которая будет заставлять этот элемент стремиться к выбору оптимального решения в эксплуатации, но, конечно, с учетом влияния других элементов на него и его влияния на другие элементы. Понятно, что здесь имеется в виду методология системного анализа. Следствием этого является возможность создания интеллектуальных элементов здания по разным направлениям, а затем их объединения на основе системного анализа.

Интеллектуальное здание нельзя построить на основе существующей инженерной системы. Его необходимо создавать до этапа проектирования инженерных систем объекта. Все внутренние инженерные системы здания проектируются на базе уже разработанного проекта системы управления зданием.

Как показывает мировая практика, интегрированная система управления зданием в конечном итоге позволяет строителю интеллектуального здания оптимизировать свои затраты на строительство, а собственнику – сократить ежемесячные эксплуатационные расходы и затраты на амортизацию оборудования.

Интеллектуальные здания требуют больших инвестиций на начальном этапе строительства, но при этом быстро окупаются за счет снижения эксплуатационных затрат.

Нестабильная экономическая ситуация в стране, не позволяющая делать долгосрочные прогнозы, позволяет выделить несколько категорий заказчиков, заинтересованных в строительстве интеллектуальных зданий. В первую очередь, это компании, где от четкой работы производственных систем и подсистем здания напрямую зависит доход: аэропорты, крупные банки, гостиничные комплексы, большие торговые центры. В таких зданиях кроме отопления, вентиляции и систем обеспечения безопасности необходимы надежные и высокоскоростные линии связи и передачи данных. Ни одна из перечисленных систем не должна выходить из строя и при этом контролироваться из единого центра управления.

Еще одна сфера применения интеллектуальных зданий – строительство коттеджных поселков (рис.2). В этом случае при различных запросах обитателей этих коттеджей можно создавать системы разной сложности при их полной совместимости. Одно из новых направлений – строительство жилых зданий повышенной комфортности. Интеллектуальные жилые здания позволяют повы-

снять уровень эстетики и комфорта при одновременном снижении эксплуатационных затрат.



Рис.2. Общий вид интеллектуального коттеджа с высоким уровнем эстетических качеств

### Особенности умных зданий в России и Европе

Сравнительный анализ в подходе к концепции умного дома в Европе и России приведен в таблице

Показатель	В Европе:	В России:
Предназначение	прежде всего энергосбережение и только потом комфорт	<u>комфорт</u> и <u>имидж</u> (для высокобюджетных проектов); простейшая <u>охранно-пожарная сигнализация</u> , иногда с функцией <u>GSM-оповещения</u> (для минимальных бюджетов).
Подход	максимальная <u>унификация</u>	строго индивидуальный.
Установка:	в Европе проекты автоматизации частных домов и квартир готовит сам разработчик и производитель систем, установкой занимаются обычные, но квалифицированные монтажники, работающие строго по схеме	установкой занимаются специалисты. Как правило, они работают со многими производителями систем автоматизации, это позволяет подбирать систему оптимально для решения поставленных задач. Эти же специалисты занимаются проектированием, продажей, монтажом, запуском и в дальнейшем обслуживанием клиентов построенного умного дома.

### Рынок умного дома

В настоящее время появились российские разработки высокотехнологичных систем и интеллектуальных приборов, по цене и надежности ориентированные на использование именно в России [26,27].

По оценкам аналитиков рынок умного дома активно развивается. К 2020 году общий объем мирового рынка достиг \$51.77 млрд. В период с 2013 по 2020 года среднегодовые темпы роста рынка составляют 17,74 %.

Объемы российского рынка значительно скромнее. В 2012 году объем рынка у нас в стране превысил 56 млн евро или 2,3 млрд рублей. В 2013 году по предварительным

оценкам рынок вырос на 30 % — до 65 млн евро или почти 3 млрд рублей. К 2017 году его общий объем достигает 176 млн евро или 7,9 млрд рублей.

### Заключение

Одной из основных тенденций развития отечественной и мировой архитектуры является создание умных промышленных и гражданских сооружений. Основное назначение их – это создание эстетической и комфортной среды обитания. Особенностью разработки таких проектов является невозможность модернизации старых зданий под эту концепцию. Это связано с тем, что умное здание должно гармонично сочетать в себе множество технических противоречий. Разработка умного здания начинается с анализа внешних климатических факторов, которые необходимо будет учесть при климатизации здания. Далее надо обеспечить энергоэффективность и энергосбережение самого сооружения, особенности водо- и теплоснабжения, освещения, и комфорта социальной среды. Эффективная реализация таких проектов

возможна только на основе автоматизированных проектных систем, предназначенных для этих целей. Сама компьютерная система умного дома должна включать в себя множество управляемых технических систем. Как правило, она разбивается на три уровня. Все элементы умного дома должны быть сами по себе «интеллектуальными». Только в этом случае системы более высокого уровня смогут эффективно управлять умным зданием. Рынок умных зданий стремительно растет. Создание умных зданий требует больших начальных затрат, но в конечном счете они могут быть рентабельными за счет исключения многочисленного обслуживающего персона-

ла в процессе их эксплуатации. Для реализации таких проектов необходима профессиональная подготовка различных специали-

стов, компетенции которых находились бы на стыке нескольких дисциплин.

## Литература

1. Обзор зарубежных энергоэффективных зданий [Электронный ресурс].
2. – Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/review/samye-izvestnye-v-mire-energoeffektivnye-zdaniya>
3. Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин Энергоэффективные здания. – М.: АВОК – Прес. 2003. – 200 с.
4. Gandzha, S., Belonozhko, A. Development of Electrical Energy Storage Device Using Direct-Acting Fuel Cells Based on Methanol. Proceedings – 2018 International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018, pp. 248-252.
5. Sergey Gandzha, Dilshod Aminov, Bakhtiyor Kosimov, Rustam Nimatov, Azamdzhon Davlatov and Azamjon Mahmudov. Development of a concept of an energy-efficient house for an environmentally friendly settlement in the South Ural. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE – 2019). Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 18 December 2019 St. Petersburg, Russia. DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914011009>
6. Богуславский Л. Д. Экономическая эффективность оптимизации уровня теплозащиты зданий. – М.: Стройиздат, 1981. – 102 с.
7. Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Панченко В.А., Филипченкова Н.С. Солнечные кровельные панели для программы «Миллион солнечных крыш в России» // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2017. №7 (187). С. 64–67.
8. Черных А.М., Борисейко А.Н., Ковальчук М.Л., Гребенюков К.В. Экранирование геомагнитного поля в многоэтажных жилых зданиях // Экология человека. 2010. № 6. С. 3-5.
9. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Использование топливных элементов для энергообеспечения зданий. // АВОК. – 2004. – № 2. – С. 52. / № 3. – С. 52.
10. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Многоэтажное энергоэффективное жилое здание в Нью-Йорке. // АВОК. – 2003. – № 4. – С. 38.
11. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Оптимизация тепловой эффективности зданий // Сборник докладов восьмой научно-практической конференции (академические чтения) «Стены и фасады. Актуальные проблемы теплофизики». – М.: НИИСФ, 2003. – С. 191–196.
12. Васильев Г. П. Энергоэффективный жилой дом в Москве. // АВОК. – 1999. – № 4. – С. 4.
13. Васильев Г. П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2. // АВОК. – 2002. – № 4. – С. 10-18.
14. Васильев Г. П., Крундышев Н. С. Энергоэффективная сельская школа в Ярославской области // АВОК, №5, 2002 .
15. Гранев В. В., Табунщиков Ю. А., Наумов А. Л. Рейтинговая система оценки качества зданий // АВОК, 2010, №6 .
16. Малахов М. А. Проект естественно-механической вентиляции жилого дома в Москве. // АВОК. – 2003. – № 3. – С. 28.
17. Малахов М. А. Системы естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплым чердаком. // АВОК. – 2006. – № 7. – С. 8.
18. Молодкин С.А. Принципы формирования архитектуры энергоэффективных высотных зданий. Дис. канд.арх. Москва, 2007. – 142 с.
19. Молчанов, В.М. Теоретические основы проектирования жилых зданий: Учебное пособие.– 2-е изд., перераб. и доп./В.М.Молчанов.– Ростов на Дону: «Феникс», 2003.– 240 с.
20. Новиков, В.А. Архитектурная организация сельской среды: Учеб. Пособие/В. А. Новиков.– М.:Архитектура – С. – 2006. – 376 с.
21. Нурмиев, Г.Н. Москва-энергоэффективный город / Г.Н.Нурмиев // Жилищное строительство. –2002. – №4. – С.26-28.

22. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце.– М.: Стройиздат , 1988. – 207с.
23. Огородников, И.А. Экодом – жилище XXI века//Архитектура и строительство России.- 1996. – № 910. – С. 14-15.
24. Огородников, И.А. Экодом в Сибири. Обзор литературы, оригинальные разработки, рекомендации специалистов/ И.А. Огородников, О.Н. Макарова, Е.С. Дубынина. Исар-Сибирь, Новосибирск, 2000.– 89 с.
25. Онищенко, С.В. Автономная система энергоснабжения жилого дома// Жилищное строительство.– 2008.– №9. – С.10-12.

## Reference

1. Overview of foreign energy-efficient buildings. Access mode: <https://www.c-o-k.ru/review/samye-izvestnye-v-mire-energoeffektivnye-zdaniya>
2. Yu.a. tabunshchikov, M. M. Brodach, N. V. Shilkin Energy-efficient buildings. –М.:АВОК.– Pres. 203. – 200 S.
3. Gandzha, S., Belonozhko, A. Development of Electrical Energy Storage Device Using Direct-Acting Fuel Cells Based on Methanol. Proceedings – 2018 International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018, pp. 248-252
4. Sergey Gandzha. Dilshod Aminov, Bakhtiyor Kosimov, Rustam Nimatov, Azamdzhon Davlatov and Azamjon Mahmudov. Development of a concept of an energy-efficient house for an environmentally friendly settlement in the South Ural. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE – 2019). Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 18 December 2019 St. Petersburg, Russia. DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914011009>
5. Strebkov DS, Kirsanov AI, Panchenko VA, Filipchenkova NS. Solar roof panels for the program “One million solar roofs in Russia”. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie*. 2017;7(187):64-67. (In Russ.)
6. Chernykh AM, Boriseyko AN, Kovalchuk ML, Grebenyukov KV. Shielding of the geomagnetic field in multi-storey residential buildings. *Ekologiya cheloveka*. 2010;6:3–5. (In Russ.)
7. M. M. Brodach Energy performance certificates of buildings, АВОК, 1993, No. 1/2
8. Brodach M. M., Shilkin N. V. Use of fuel cells for power supply of buildings. // *Avoc.* – 2004. – No. 2. – P. 52. / No. 3. – P. 52.
9. Brodach M. M., Shilkin N. V. Multi-storey energy-efficient residential building in new York. // *Avoc.* – 2003. – No. 4. – P. 38.
10. Brodach M. M., Shilkin N. V. Optimization of thermal efficiency of buildings // collection of reports of the eighth scientific and practical conference (academic readings) “Walls and facades. Actual problems of Thermophysics”, Moscow: NIISE, 2003.– pp. 191-196.
11. Vasiliev G. P. Energy-Efficient residential building in Moscow. // *Avoc.* – 1999. – No. 4. – P. 4.
12. Vasiliev G. P. Energy-efficient experimental residential building in the Nikulino-2 microdistrict. // *АВОК.* – 2002. – no. 4. – P. 10-18.
13. Vasiliev G. P., Krundyshev N. S. energy-efficient rural school in the Yaroslavl region // *АВОК*, No. 5, 2002
14. Granev V. V., Tabunshchikov Yu. a., Naumov A. L. Rating system for assessing the quality of buildings // *АВОК*, 2010, no. 6
15. Malakhov M. A. Project of natural-mechanical ventilation of a residential building in Moscow. // *Avoc.* – 2003. – No. 3. – P. 28.
16. Malakhov M. A. Systems of natural-mechanical ventilation in residential buildings with a warm attic. // *АВОК.* – 2006. – No. 7. – P. 8.
17. Molodkin S. A. Principles of forming the architecture of energy-efficient high-rise buildings. Moscow, 2007. – P.142.
18. Molchanov, V. M. Theoretical bases of design of residential buildings: Textbook.- 2nd ed., reprint. and add./V. M. Molchanov.- Rostov n/A: “Phoenix”, 2003.– P. 240.
19. Novikov, V. A. Architectural organization of the rural environment: Textbook. Manual/V. A. Novikov.– М.:Architecture. – 2006.– P.– 376.
20. Nurmiev, G. N. Moscow-energy-efficient city / G. N. Nurmiev // Housing construction. – 2002. – №4.– P. 26-28.



21. Obolensky N. V. Architecture and the sun. – М.: stroizdat , 1988. – P. 207.
22. Ogorodnikov, I. A. Ecodom – housing of the XXI century//Architecture and construction in Russia.– 1996. – No. 910. – P. 14-15.
23. Ogorodnikov, I. A. Ecodom in Siberia. Literature review, original developments, recommendations of specialists/ I. A. Ogorodnikov, O. N. Makarova, E. S. Dubynina. ISAR-Siberia, Novosibirsk, 2000. – 89 с.
24. Onishchenko, S. V. Autonomous power supply system of a residential building// Housing construction.– 2008. No. 9. – P. 10-12.

**Ганджа С.А.**

Заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники», Энергетический факультет, Политехнический институт, Южно-Уральский Государственный Университет, г. Челябинск, Россия, e-mail: gandzhasa@susu.ru

---

**Gandzha S. A.**

Head of Department “Theoretical Foundations of Electrical Engineering”, Faculty of Power Engineering, Polytechnic Institute, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, e-mail: gandzhasa@susu.ru

---

**Шабиев С.Г.**

Декан Архитектурного факультета, доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура», почетный архитектор России, заслуженный архитектор Башкирии, советник Российской академии архитектуры и строительных наук.

---

**Shabiev S.G.**

Dean of the Faculty of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, Head of the Department of Architecture, Honorary Architect of Russia, Honored Architect of Bashkiria, Advisor to the Russian Academy of Architecture and Civil Engineering

---

*Поступила в редакцию 04.06.2021*