

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-2>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/132TVN216.pdf>

DOI: 10.15862/132TVN216 (<http://dx.doi.org/10.15862/132TVN216>)

Статья опубликована 30.04.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Петров В.Д. Динамическое взаимодействие в современной архитектуре как потенциал для создания энергонезависимой архитектурной системы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/132TVN216.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/132TVN216

**УДК 721.01**

**Петров Вадим Дмитриевич**

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, Санкт-Петербург<sup>1</sup>  
Аспирант  
E-mail: [vdmptv@mail.ru](mailto:vdmptv@mail.ru)

## **Динамическое взаимодействие в современной архитектуре как потенциал для создания энергонезависимой архитектурной системы**

**Аннотация.** Современный уровень развития технологий проектирования и строительства позволяет сегодня создавать полностью энергонезависимые здания. Синтез систем энергосбережения и интегрированных в архитектурную среду инструментов использования возобновляемой энергии делает возможным создание зданий класса «энергия плюс». Такие здания производят больше энергии, чем необходимо для обеспечения функционирования их внутренних систем жизнеобеспечения. Развитие беспроводных сетей позволяет более эффективно применить концепцию распределенного производства энергии и задуматься о создании полностью энергонезависимых комплексов зданий и сооружений, обеспечивающих энергией не только сами себя, но и внутреннюю инфраструктуру комплекса. В статье рассматриваются наиболее интересные с точки зрения темы статьи примеры существующих и создаваемых энергоэффективных архитектурных комплексов и выявляются характерные взаимодействия между объектами этих комплексов. На основе рассмотренных примеров описывается предлагаемая автором стратегия использования потенциала взаимодействий между зданиями и сооружениями для достижения полной энергонезависимости комплекса от традиционных источников энергии, общегородских систем водоснабжения и канализации. Создание энергонезависимых архитектурных систем наиболее актуально сегодня не только с экономической точки зрения, но и согласно списку Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и Перечню критических технологий Российской Федерации.

**Ключевые слова:** архитектурные системы; энергонезависимость; энергоэффективность; возобновляемая энергия; динамическое взаимодействие; здания и сооружения как система; автономная инфраструктура; распределенное производство энергии; интеграция в архитектурную среду

---

<sup>1</sup> 191036, Россия, Санкт-Петербург, Невский проспект, д. 132, кв. 20

Современная архитектура как основа для формирования среды обитания создает новые связи, которые, наряду с привычными контекстуальными и визуальными, не позволяют рассматривать здание обособленно, без его окружения, не только по эстетическим, но и по функциональным причинам. Эволюция архитектуры постепенно расширяет функционал зданий и сооружений: так, развитие энергоэффективных технологий и интеграция инструментов использования энергии из возобновляемых источников (таких как фотоэлементы, биореакторы, геотермальные установки, ветрогенераторы, рекуператоры и т.п.) добавила к обычным функциям необходимость архитектуры обеспечивать ресурсами собственное функционирование - т.е. энергетическую. Включение в конструкцию зданий инструментов зеленой энергетики позволяет п-нвому использовать привычные формы архитектурной среды [1]. Первые здания крупного масштаба вроде французского здания Elithis Tower (архитектор Жан-Мари Шарпантье) включающего 4.500 м<sup>2</sup> жилых площадей и 600 м<sup>2</sup> торговых, полностью обеспечивающие функционирование всех внутренних систем вентиляции, отопления и освещения за счет сочетания интегрированных инструментов и энергоэффективной конструкции [2], позволяют перейти к формированию энергонезависимых комплексов зданий и сооружений. Все объекты такого комплекса должны обеспечивать энергией не только все их внутренние системы, но и инфраструктуру самого комплекса: наружное освещение, электротранспорт, систему сбора и транспортировки отходов в биореакторы, систему водоснабжения и очистные сооружения. Взаимодействие между зданиями и сооружениями, осуществляемое посредством инфраструктуры комплекса, превращает их в архитектурную систему. Таким образом, энергонезависимая архитектурная система – это комплекс динамически взаимодействующих зданий и сооружений, объединенных единой инфраструктурой, самостоятельно производящий достаточное количество энергии для полного обеспечения собственного функционирования.

### **Динамическое взаимодействие между элементами архитектурной системы**

Рассмотрение архитектуры как системы позволяет изучить взаимодействие между ее элементами, т.е. зданиями. Характер этих взаимодействий определяется природой взаимосвязей, создаваемых между зданиями различными способами. Коммуникации, включающие силовые кабели, системы водоснабжения и канализации, являются самым старым способом взаимосвязи архитектурных сооружений. Энергонезависимый комплекс подразумевает автономный водопровод замкнутого цикла с собственными очистными сооружениями, формирующий обособленную систему, соединяющую все объекты комплекса, не подключенную к общегородской водоочистительной системе.

Другим видом взаимосвязи объектов архитектурной среды является некое инженерное сооружение, тем или иным способом объединяющее здания комплекса. Мировой опыт демонстрирует положительные примеры комплексного объединения зданий и сооружений таким способом. Самый простой – соединение зданий и их эксплуатируемых кровель надземными переходами. Появление новых уровней для пешеходного движения открывает новые возможности использования верхних этажей зданий и улучшает общий экологический фон. Более сложные варианты таких взаимосвязей подразумевают объединение всех объектов комплекса: например, район Масдар, построенный в Абу-Даби, ОАЭ, большая часть объектов которого объединена Солнечным Куполом: полупрозрачной конструкцией с интегрированными фотоэлементами, соединяющей крыши зданий и тем самым снижающей температуру воздуха снаружи зданий. Солнечный купол является своеобразной матрицей для интеграции системы взаимосвязанных фотоэлементов по типу солнечной фермы и служит каркасом для расположения технических коммуникаций [3, 11]. Похожая конструкция использована в Каире, где восемь зданий и технические сооружения комплекса The Gate

Residence объединены криволинейной светопроницаемой мембраной, сочетающей в себе солнечные батареи, коллекторы и встроенное вертикальное озеленение [4]. Применение подобных соединительных конструкций обусловлено не только жарким климатом, но и удобством организации коммуникаций. В Китайском мегаполисе Чэнду создается район Тяньфу, в котором вся дорожно-транспортная система перенесена в подземные тоннели, соединяющие сеть подземных парковок [5]. Отсутствие пешеходных переходов и перекрестков значительно разгружают дорожный трафик, а система вентиляции отводит и фильтрует выхлопные газы традиционных автомобилей. Аналогично солнечным куполам, эта система включает в себя коммуникационные тоннели, превращаясь таким образом в своеобразную архитектурную корневую систему района, соединяющую все здания под землей. Объединение всех зданий и сооружений комплекса на физическом уровне подразумевает предварительное четкое планирование его структуры, учитывающей все окружающие условия: геологические, климатические, экологические и энергетические. Так, применение солнечного купола в других географических и климатических условиях было бы, по меньшей мере, нерациональным. Структура Тяньфу, например, является набором комбинируемых модулей, предусматривающих возможное расширение.

Возможность зданий самостоятельно производить энергию открывает новый вид взаимосвязей, основанных на концепции распределенной энергетики. Эта концепция подразумевает объединение всех интегрированных инструментов возобновляемой энергетики всех зданий комплекса в одну энергосистему, где их функционирование и распределение энергии контролируется автоматической системой. Такая система учитывает их индивидуальные периоды наиболее эффективной производительности и обеспечивает равномерную нагрузку всех элементов энергосистемы за счет систем автоматического секционирования линий электропередач. В существующем виде такие системы связаны с общегородскими электросетями и используются как локальные источники энергии для уличного освещения. Таким образом, современные энергоактивные здания направляют излишки энергии в городскую инфраструктуру и соседние сооружения. В замкнутой энергонезависимой системе общий энергетический баланс всех объектов должен обеспечивать не только сами здания и сооружения, но и внутреннюю инфраструктуру комплекса, поэтому автоматизированное распределение энергии является необходимым условием для бесперебойного питания. Проводимые исследования доказали экономическую эффективность применения автоматического секционирования линий электропередач в распределительных сетях [6], а так же их потенциал для сокращения энергопотерь, что является важным аспектом с точки зрения вопроса достижения энергонезависимости.

В современных архитектурных системах, таких как PlanIT Valley в Португалии, распределение энергии производится исходя из показаний множества датчиков, установленных во всех помещениях всех зданий. Датчики собирают различную информацию о количестве человек внутри, температуре, влажности, состоянии воздуха и т.п., направляют по беспроводной сети в центральный компьютер, который, одновременно анализируя состояние всего комплекса, управляет как распределением энергии, так и микроклиматом всего комплекса, исходя из оптимальных для человека показателей. Такие системы позволяют практически значительно сократить потери энергии, тепла и других ресурсов при эксплуатации зданий человеком [7, 8]. Так появляется еще один вид взаимосвязи – информационный, не требующий физического объединения зданий. Современные системы жизнеобеспечения, контролирующие все здание, уже давно перестали быть темой для научной фантастики, и их применение позволяет значительно сократить нерациональные энергозатраты и более оперативно проводить техническое обслуживание [9]? так что расширение такой системы на несколько зданий одновременно является логичным решением для энергонезависимого комплекса.

Взаимосвязи между объектами архитектурной среды можно условно разделить на две категории: материальные и нематериальные. Материальные взаимосвязи проявляются в виде объединяющих архитектурных конструкций и различных коммуникаций. Нематериальные – в виде контекстуального и визуального восприятия архитектуры и беспроводного обмена информацией различного рода о состоянии различных систем зданий.

Мировой опыт создания энергоэффективных архитектурных комплексов демонстрирует эффективные преимущества использования нескольких видов взаимосвязей: так, в PlanIT Valley единая операционная система контролирует и работу интегрированных инструментов возобновляемой энергетики, и системы жизнеобеспечения всех зданий комплекса, производя и распределяя энергию наиболее рациональным способом [10]. В Масдаре и The Gate Residence фотоэлементы, солнечные коллекторы и ветрогенераторы интегрированы в объединяющие конструкции, позволяя наиболее эффективно использовать преимущества жаркого климата. В подземную систему Тяньфу встроены скваженные геотермальные установки, требующие заглубления для наибольшей эффективности. Все эти примеры являются энергоэффективными комплексами зданий: они минимализировали энергопотребление и энергозатраты за счет синтеза интегрированных технологий и энергосберегающих конструкций, но даже при наличии полностью энергонезависимых зданий, инфраструктура этих комплексов зависит от традиционных электросетей. Развитие нематериальных взаимосвязей в наиболее современных проектах, напоминающих глобальную систему умного дома, контролирующую целое поселение, рационализируя работу всех устройств, показывает весь потенциал динамического взаимодействия между зданиями и сооружениями для достижения полной энергонезависимости.

Новые возможности, подаренные нам современными технологиями проектирования и прогнозирования, позволяют рационально планировать всю структуру энергонезависимой архитектурной системы: от планировки до формирования системы взаимодействий. Разработка подобной модели должна учитывать многочисленные факторы, определяющие максимальную эффективность системы: условия окружающей среды, предполагаемые энергозатраты, динамику перемещения человеческих потоков и т.п. Важную роль играет проектирование двухстороннего взаимодействия между человеком и архитектурной средой: возможность архитектуры создавать наиболее комфортные условия должна стать приоритетной при создании новых пространств. Эргономичная архитектурная среда подразумевает синтез не только с современными технологиями, но и с ритмом жизни современного человека.

### **Заключение**

Сегодня важность решения энергетических проблем становится абсолютно очевидна как по экономическим, так и по экологическим причинам. Развитие энергонезависимой архитектуры и создание автономных архитектурных систем решит многие вопросы, связанные с транспортировкой электроэнергии и техническим обслуживанием высоковольтных линий электропередач [6], которые (в силу колоссальной протяженности нашей страны и встречающегося отдаления источника энергии от ее потребителя) являются наиболее уязвимыми перед авариями и стихией за счет труднодоступности некоторых участков. Устранение необходимости транспортировки энергии существенно понизит ее стоимость благодаря значительному сокращению энергопотерь. Возможность формировать систему взаимодействий между объектами архитектурного комплекса обладает важным потенциалом для достижения энергонезависимости и, как следствие, решения вышеописанных проблем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лебединская А.Р., Ломакова В.М. Применение энергосберегающих технологий при воссоздании оранжерей Южного Федерального Университета г. Ростова на Дону // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/102TVN615.
2. Основные характеристики проекта Elithis Tower, автор Жан-Мари Шарпантье. URL: <http://www.elithis.fr/en/realisation/tour-elithis-danube/>.
3. Официальный сайт Масдар Сити - URL: <http://www.masdar.ae/>.
4. Описание проекта The Gate Residence на сайте студии Abraj Misr - URL: <http://abraj-misr.com/cairos-ultra-green-complex-to-feature-energy-efficient-technologies/>.
5. Описание Чэнду Тяньфу на сайте студии Gordon Gill Architecture - URL: [http://smithgill.com/news/great\\_city\\_press\\_release/](http://smithgill.com/news/great_city_press_release/).
6. Долецкая Л.И., Кавченков В.П., Солопов Р.В. Оценка эффективности методов повышения надежности распределительных электрических сетей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/98TVN615.
7. Тюков А.П. Подходы к синхронизации данных при централизованном контроле систем управления микроклиматом в коммерческих зданиях // Интернет-журнал «Современные проблемы науки и образования. » – 2012. – №6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7954>.
8. М.В. Щербаков, Т.А. Яновский, А. Бребельс, Н.Л. Щербакова. Методика выявления потенциала энергосбережения на основе интеллектуального анализа данных // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. - 2011. - №2. URL: [http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(14\)/51-55.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(14)/51-55.pdf).
9. Е.В. Стасева, Е.В. Федина. Системный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений // «Инженерный вестник Дона» - 2013. - №4. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R\\_31\\_Fedina.pdf\\_2172.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_31_Fedina.pdf_2172.pdf).
10. Д. Новиков. Иностраный опыт: Как в Португалии строят город-компьютер // Интернет-журнал «The Village» - 2013. URL: <http://www.the-village.ru/village/situation/abroad/122279-gorod-kompyuter-v-portugalii>.
11. Попов Л. Гигантский экоград возникнет как источник инноваций // Интернет-журнал «membrana» – 2009. URL: <http://www.membrana.ru/particle/1442>.

**Petrov Vadim Dmitrievich**

Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering, Russia, Saint Petersburg  
E-mail: [vdmprtv@mail.ru](mailto:vdmprtv@mail.ru)

## **Dynamic interaction in a modern architecture as a potential for the creation of a non-volatile architecture system**

**Abstract.** The modern level of design technologies development and construction allows to create a fully non-volatile building. The synthesis of energy-saving systems and integrated instruments of renewable energy into the architectural environment gives it a possibility to create a class of "energy plus" buildings. These buildings produce more energy than necessary for functioning in their internal life-support systems. The development of wireless networks allows to apply the concept of distributed energy generation more effectively and to reflect on the creation of fully non-volatile complexes of buildings and structures that provide energy not only for themselves, but also for the internal infrastructure of the complex. The article reflects upon the most interesting examples of existing and emerging energy-efficient architectural complexes and identifies the specific interactions between the objects of these complexes. On the grounds of these instances the author describes the proposed strategy of using the potential of interactions between buildings to achieve an energy complex fully independent from the traditional energy sources, like citywide water supply and sewerage systems. The creation of non-volatile architectural systems is the most relevant topic today not only in economic terms, but also, in accordance with the list of Priority directions of science, technology and engineering development in the Russian Federation and the List of Critical Technologies of the Russian Federation.

**Keywords:** architectural systems; nonvolatility; energy efficiency; renewable energy; dynamic interaction; buildings and facilities as a system; autonomous infrastructure; distributed generation; integration into the architectural environment

## REFERENCES

1. Lebedinskaya A.R., Lomakova V.M. Primenenie energosberegayushchikh tekhnologiy pri vossozdanii oranzherey Yuzhnogo Federal'nogo Universiteta g. Rostova na Donu // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN615.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/102TVN615.
2. Osnovnye kharakteristiki proekta Elithis Tower, avtor Zhan-Mari Sharpant'e. URL: <http://www.elithis.fr/en/realisation/tour-elithis-danube/>.
3. Ofitsial'nyy sayt Masdar Siti - URL: <http://www.masdar.ae/>.
4. Opisanie proekta The Gate Residence na sayte studii Abraj Misr - URL: <http://abraj-misr.com/cairos-ultra-green-complex-to-feature-energy-efficient-technologies/>.
5. Opisanie Chendu Tyan'fu na sayte studii Gordon Gill Architecture - URL: [http://smithgill.com/news/great\\_city\\_press\\_release/](http://smithgill.com/news/great_city_press_release/).
6. Doletskaya L.I., Kavchenkov V.P., Solopov R.V. Otsenka effektivnosti metodov povysheniya nadezhnosti raspreditel'nykh elektricheskikh setey // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN615.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/98TVN615.
7. Tyukov A.P. Podkhody k sinkhronizatsii dannykh pri tsentralizirovannom kontrole sistem upravleniya mikroklimatom v kommercheskikh zdaniyakh // Internet-zhurnal «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. » – 2012. – №6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7954>.
8. M.V. Shcherbakov, T.A. Yanovskiy, A. Brebel's, N.L. Shcherbakova. Metodika vyyavleniya potentsiala energosberezheniya na osnove intellektual'nogo analiza dannykh // Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. - 2011. - №2. URL: [http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(14\)/51-55.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(14)/51-55.pdf).
9. E.V. Staseva, E.V. Fedina. Sistemnyy podkhod k monitoringu tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy // «Inzhenernyy vestnik Dona» - 2013. - №4. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R\\_31\\_Fedina.pdf\\_2172.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_31_Fedina.pdf_2172.pdf).
10. D. Novikov. Inostrannyy opyt: Kak v Portugalii stroyat gorod-komp'yuter // Internet-zhurnal «The Village» - 2013. URL: <http://www.the-village.ru/village/situation/abroad/122279-gorod-kompyuter-v-portugalii>.
11. Popov L. Gigantskiy ekograd vzniknet kak istochnik innovatsiy // Internet-zhurnal «membrana» – 2009. URL: <http://www.membrana.ru/particle/1442>.