

УДК 721.01

Рачкова О.Г. – доцент

E-mail: [olga.ra4kova@yandex.ru](mailto:olga.ra4kova@yandex.ru)

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

### Влияние средств солнечной энергетики на архитектурное формообразование гелиоэнергоактивных зданий

#### Аннотация

В рамках проектирования гелиоэнергоактивного здания были проведены исследования по поиску формообразующих поверхностей объекта, для более эффективного размещения на них фотоэлектрических модулей, преобразующих солнечную энергию в электрическую.

Необходимые климатические характеристики для города Казани были получены из базы данных NASA POWER SSE.

Для моделирования ограждающих конструкций и формы здания использовалась программа Autodesk Projekt Vasari, дающая возможность для разработки различных вариантов проектных решений. В результате оптимизированная форма здания, в виде кристалла, не только работает на архитектурный образ здания, но и дает возможность рационально использовать ограждающие поверхности, интегрируя в них фотоэлектрические элементы и получать часть необходимой электроэнергии для эксплуатации систем кондиционирования.

**Ключевые слова:** гелиоэнергоактивные здания, архитектурное формообразование, фотоэлектрические модули, моделирование, эскизные концепции.

В создании образа здания в равной степени должны участвовать различные факторы, влияющие на архитектуру здания в целом, а именно функциональные, конструктивные, экологические и др.

Современная архитектура жилых и общественных зданий предполагает использование нестандартных формообразующих конструкций, современных экологических материалов и систем, открывающих новые возможности, на основе прогрессивных расчетных программных комплексов, по разным направлениям проектируемого объекта и связанных с организацией оптимальной внутренней среды и экологией здания в целом [1, 2].

Одним из направлений и является проектирование экологичных и энергосберегающих зданий, приближающихся по требованиям нормативных документов к «зеленым стандартам» [3].

С 2010 года в России разработана и действует Федеральная программа «Энергосбережения и повышения энергоэффективности» на период 2010 до 2020 г. Решение этих вопросов являются ключевыми в стратегии развития и модернизации Российской экономики и строительства объектов по новым экологическим стандартам.

Энергия солнца занимает лидирующее место среди прочих энергетических ресурсов, используемых в энергоактивных зданиях. На основе использования солнечной энергии, сформировался особый тип архитектурных сооружений – гелиоэнергоактивные здания. Архитектура солнечных зданий, благодаря использованию современных конструктивных решений и целенаправленно разработанную форму объекта с поверхностями для установки гелиоактивных модулей, опираясь на передовые научно-технические достижения из разных направлений гелиоэнергетики, вносит свой особый вклад в становление и рост инновационной отрасли энергетической промышленности [4, 5].

Гелиоэнергоактивное здание является сложным объектом, объединяющим в себе солнечную энергосистему и материально-конструктивную структуру здания. Для средств солнечной энергетики, в отличие от традиционных способов обеспечения энергией, определяющую роль играет внешняя контактная поверхность приемного устройства.

Основной принцип формообразования гелиоэнергоактивных зданий, заключается в создании оптимальной формы здания и размещения на ее поверхности полифункциональных средств солнечной энергетики.

Процесс формообразования гелиоэнергоактивного здания и его влияние на архитектурный образ, можно рассмотреть на примере проектирования гостинично-офисного здания, выполненного Старшиновой Д.А. под руководством В.Н. Куприянова и О.Г. Рачковой.

В процессе проектирования были проанализированы многочисленные примеры зданий, использующих средства альтернативной энергетики. В результате анализа был выбран метод интеграции средств альтернативной энергетики в структуру здания, существенно улучшающий его энергетические и экологические показатели. Под интеграцией средств альтернативной энергетики в структуру здания подразумевается особый подход к архитектурному формообразованию. Средства альтернативной энергетики, считаются формообразующими, если они подчиняют себе материально-конструктивную структуру здания и оказывают влияние не только на его инженерно-технические, но и на объемно-пространственные решения, формируя геометрическую форму элементов, силуэт и контуры объемов здания. Принципы архитектурного формообразования, в данном случае, направлены на поиск и создание оптимальной формы приемной поверхности на материально-конструктивной оболочке проектируемого объекта.

Строительство гелиоэнергоактивных зданий возможно в районах с достаточным количеством излучаемой солнечной энергии. Для получения достоверной оценки потенциала солнечной энергии в городе был сделан запрос и получены данные NASASSE по радиационному балансу территории России. Для условий Казани оказалось, что количество солнечной энергии в зимние месяцы незначительно, в силу малого количества солнечных дней. В связи с этим, за расчетный принят период с апреля по сентябрь, когда число часов солнечного сияния является максимальным, следовательно солнечная энергия, облучающая фасады здания, также будет максимальной. Солнечная энергия, в этот период, может быть направлена не на отопление или освещение здания, а на поддержание в здании комфортных климатических условий, т.е. на кондиционирование в летний период, требующее не малых затрат электроэнергии.

Для проведения исследований была создана трехмерная геометрическая модель здания, иллюстрирующая принципы его формообразования (рис. 1а) с учетом почасовых углов солнца для оптимального расположения фотоэлектрических элементов на формообразующих поверхностях проектируемого здания.

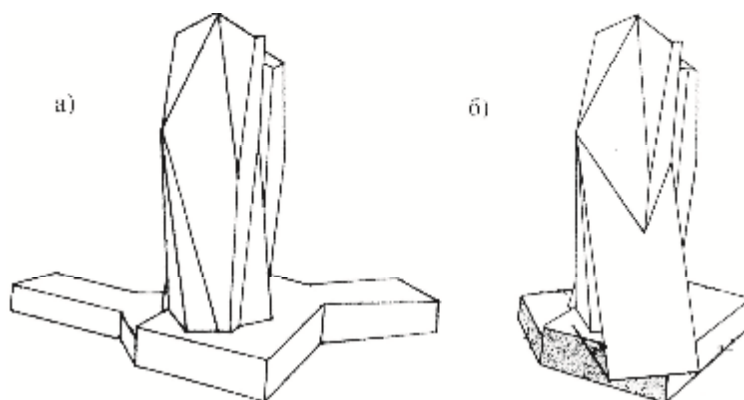


Рис. 1. Трехмерная модель материально-конструктивной формы здания:  
а) исходная форма для проведения исследования. Вариант 1;  
б) усовершенствованная форма модели. Вариант 2

Моделирование оптимальной формы здания, с целью использования средств преобразующих солнечную радиацию, была изучено и выполнено с помощью программы Autodesk Project Vasari. Программа рассчитана на создание эскизных концепций энергоэффективных экологических зданий и предлагает широкий спектр визуальных

презентаций энергетического анализа проектных решений, что наглядно позволяет оценить и усовершенствовать форму объекта.

Изучив степень естественного освещения данной формы объекта прямым солнечным светом, с помощью программы Autodesk Project Vasari, было выявлено, что фотоэлектрические элементы, в случае расположения их на поверхности здания, не будут эффективно использовать солнечную энергию (рис. 1а).

Для решения этой задачи была уточнена форма модели (рис. 1б). Повышение степени солнечного облучения, возможно, было получить, повернув одну из плоскостей здания, обращенную на юг так, чтобы она образовывала с горизонтальной плоскостью угол равный 41 градусу. Однако новая конфигурация формы здания, воспринималась очень массивно. Следующим шагом стало увеличение высоты здания, и уменьшение стилобатной части объекта (рис. 2а).

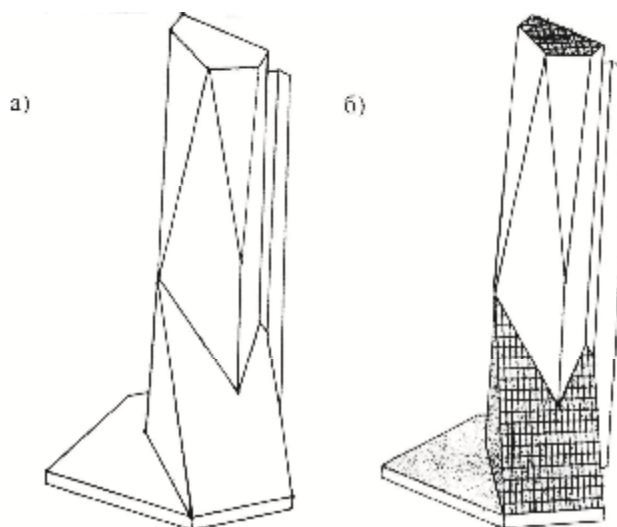


Рис. 2. Модернизированная трехмерная модель материально-конструктивной формы здания:  
а) усовершенствованная форма модели. Вариант 3;  
б) усовершенствованная форма модели. Вариант 3 с выявленными, наиболее благоприятными участками установки фотоэлектрических элементов

Повторно проведенные исследования на новой трехмерной модели (вариант 3), подтвердило наличие достаточного количества площадей для размещения фотоэлектрических модулей на поверхностях объекта, имеющих оптимальный наклон равный сорока одному градусу (рис. 2б).

В результате было запроектировано высотное, гелиоэнергоактивное здание, имеющее необычную по форме объемно-пространственную структуру и специально сформированных поверхностей для интеграции в них фотоэлектрических модулей.

Расчеты показали, что количество электроэнергии, которое можно получить за счет фотоэлектрических элементов, достаточно будет для компенсации электричества, затрачиваемого на кондиционирование офисной части, которая занимает четвертую часть площадей, в период с апреля до сентября.

Для расчета был выбран фотоэлектрический монокристаллический VIPV-модуль, имеющий номинальную мощность  $P = 0,14$  кВт. Площадь приемной поверхности фотоэлектрических элементов интегрированных в структуру здания составила  $3634 \text{ м}^2$ , угол наклона –  $41^\circ$ . Площадь одного модуля –  $2 \text{ м}^2$ . На выбранной поверхности будут расположены 1817 модулей. Эксплуатационные характеристики получения электроэнергии от системы были рассчитаны исходя из худших условий инсоляции поверхности. Наименьшее ее значение составило 4,62 пикочаса в августе. Пикочас – условный промежуток времени, в течение которого интенсивность солнечной радиации составляет  $1000 \text{ Вт/м}^2$ .

Количество электроэнергии, вырабатываемое модулем, составило:

$$W_m = \frac{k \cdot P \cdot E}{1000} = \frac{0,5 \cdot 140 \cdot 4,62}{1000} = 0,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где:

$k$  – коэффициент потерь мощности в модуле в летний период;

$P$  – мощность модуля в Вт;

$E$  – среднемесячное значение инсоляции кВт·ч / м<sup>2</sup>.

Суммарное количество энергии, вырабатываемой массивом модулей, получилось равным:

$$W = W_m \cdot N = 0,3 \cdot 1817 = 545,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}. \quad (2)$$

Полезная площадь здания «Гостинично-делового комплекса» составила 76140 м<sup>2</sup>. Необходимое количество электроэнергии на обеспечение системы кондиционирования в год примерно составляет 105 кВт/час·м<sup>2</sup>. Потребление электроэнергии на систему кондиционирования здания в целом потребуется:

$$76140 \cdot 105 = 7994700 \text{ кВт}\cdot\text{год}. \quad (3)$$

В условиях эксплуатации фотоэлектрической системы в период с апреля по сентябрь, т.е. на протяжении 150 дней, расход электроэнергии составит в день:

$$7994700 : 150 = 53298 \text{ кВт}\cdot\text{день} \text{ и соответственно } - 2220,75 \text{ кВт}\cdot\text{ч}. \quad (4)$$

Запроектированная фотоэлектрическая система будет вырабатывать 545,1 кВт·ч и сможет компенсировать четвертую часть необходимой электроэнергии.

Проектирование гелиоэнергоактивного здания, с оптимально расположенными формообразующими поверхностями, позволило создать неординарный архитектурный образ, в виде кристалла.

### Список библиографических ссылок

1. Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования – М.: Архитектура-С, 2006. – 321 с.
2. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре. – М.: Архитектура-С, 2005. – 312 с.
3. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.
4. Голицин М.В., Голицина А.М., Пронина Н.М. Альтернативные энергосистемы. – М.: Наука, 2004. – 159 с.
5. Селиванов Н.П., Мелуа Н.П., Зоколей С.В. Энергоактивные здания. – М.: Стройиздат, 1988. – 378 с.
6. Заварзина М. В. Строительная климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 312 с.
7. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки, ЦНИИЭП градостроительства. – М.: Стройиздат, 1986. – 61 с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6, Выпуск 12. Татарская АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 326 с.

**Rachkova O.G.** – associate professor

E-mail: [olga.ra4kova@yandex.ru](mailto:olga.ra4kova@yandex.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### The influence of Solar energy on architectural formation of buildings

#### Resume

Creating helio energy buildings promotes the formation of a greener environment and the use of alternative means of generating electricity. The principles of architectural formation

while designing such buildings are aimed at obtaining surfaces in which photovoltaic modules, using the maximum solar radiation for processing it into electrical energy will be integrated.

For designing process implementation reliable climatic characteristics of the area are necessary, such as amount of solar energy arriving at the surface of different orientation, the air temperature and its humidity, wind speed. These data were obtained from the NASA POWER SSE satellite observations database on request for the city of Kazan.

Modeling optimal shape of the building and enclosing surfaces where photovoltaic modules can be arranged was carried out using Autodesk Project Vasari program, which is used for creating sketch concepts of designed energy-efficient buildings.

As a result, a building of unusual shapes and three-dimensional structure was designed, and the amount of electric energy, according to estimates from photovoltaic cells integrated into the building envelope, will be sufficient to provide air conditioning systems installed in the office premises in the period from April to September.

**Keywords:** helio energy buildings, architectural formation, photovoltaic modules, modeling, sketch concepts.

### Reference list

1. Shoubenkov M.V. Structural patterns of architectural morphology. – M.: Architecture-C, 2006. – 321 p.
2. Saprykina N.A. The basics of dynamic forming in architecture. – M.: Architecture-C, 2005. – 312 p.
3. Matrosov Ju.A. Energy-saving in buildings. Problems and ways of their solving. – M.: NEESF, 2004. – 496 p.
4. Golitsin M.V., Golitsina A.M., Pronina N.M. Alternative energy systems. – M.: Science, 2004. – 159 p.
5. Selivanov N.P., Meloua N.P., Zokoley S.V. Energy efficient buildings. – M.: Stroiizdat, 1988. – 378 p.
6. Zavarzina M.V. Building climatology. – L.: Hydrometeoizdat, 1976. – 312 p.
7. Guidance for residential development wind conditions estimation and regulation. CNIIEP city planning. – M.: Stroiizdat, 1986. – 61 p.
8. Scientific and applied USSR climate reference book. Series 3. Data of many years. Parts 1-6. Issue 12. TatarASSR. – L.: 1988. – 326 p.