

АРХІТЕКТУРА

УДК 728.2:620.92

**ПРИНЦИПИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЕНЕРГОАКТИВНИХ
БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ-КОМПЛЕКСІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ**

НЕВГОМОННИЙ Г. У., к. т. н., доц.

Кафедра архітектурного проектування і дизайну, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-94-98, e-mail: a_nevgamonniy@i.ua, ORCID ID: 0000-0033-0078-0024.

Анотація. Постановка проблеми. Методологія проектування енергозберігальної висотної будівлі повинна ґрунтуватися на системному аналізі будівлі як єдиної енергетичної системи. Видатний архітектор Норман Фостер пише: «Архітектори не можуть вирішити всі світові екологічні проблеми, але ми можемо проектувати будівлі, що потребують тільки частини споживаної нині енергії, крім того, завдяки належному містобудівному плануванню ми можемо впливати на транспортні потоки. Розташування та функціональне призначення споруди, її конструктивна гнучкість і технологічний ресурс, орієнтація, форма і конструкція, системи обігріву та вентиляції, характеристики використовуваних для будівництва матеріалів - усі ці параметри впливають на кількість енергії, потрібної для зведення, експлуатації та технічного обслуговування будівлі, а також для транспорту, що рухається до неї і від неї» [1]. **Мета** дослідження полягає в науковому обґрунтуванні принципів формування архітектурних рішень енергоефективних житлових багатоповерхових будинків-комплексів та розробленні методики архітектурного проектування ЕЖБ із застосуванням енергії вітру, розробленні науково обґрунтованих принципів архітектурного формоутворення будівель із використанням засобів альтернативної енергетики та визначенні специфічних особливостей архітектурного проектування таких будівель. **Висновок.** Сформульовано можливі тенденції розвитку будівель з інтегрованими вітряними установками. Поліфункціональність вітряних установок полягає в спеціальних властивостях окремих елементів матеріально-конструктивної структури будівлі, які підвищують аеродинамічні характеристики зовнішньої оболонки і, відповідно, енергоефективність вітроприймальних пристроїв. Таким чином, ефективність енергосистеми вітроенергоактивної будівлі безпосередньо залежить від його об'ємно-просторового рішення.

Ключові слова: архітектура, висотні житлові будинки, енергоефективність, об'ємно-планувальні рішення

**ПРИНЦИПЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ
МНОГОЭТАЖНЫХ ДОМОВ-КОМПЛЕКСОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЕТРА**

НЕВГОМОННИЙ Г. У., к. т. н., доц.

Кафедра архитектурного проектирования и дизайна, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-94-98, e-mail: a_nevgamonniy@i.ua, ORCID ID: 0000-0033-0078-0024.

Аннотация. Постановка проблемы. Методология проектирования энергосберегающего высотного здания должна основываться на системном анализе здания как единой энергетической системы. Выдающийся архитектор Норман Фостер пишет: «Архитекторы не могут решить все мировые экологические проблемы, но мы можем проектировать здания, требующие только части потребляемой сейчас энергии, кроме того, благодаря надлежащему градостроительному планированию мы можем влиять на транспортные потоки. Расположение и функциональное назначение сооружения, его конструктивная гибкость и технологический ресурс, ориентация, форма и конструкция, системы обогрева и вентиляции, характеристики используемых при строительстве материалов - все эти параметры влияют на количество энергии, требующейся для возведения, эксплуатации и технического обслуживания здания, а также для транспорта, движущегося к нему и от него» [1]. **Цель** исследования заключается в научном обосновании принципов формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых многоэтажных домов-комплексов и разработке методики архитектурного проектирования ЭЖБ с применением энергии ветра, разработке научно обоснованных принципов архитектурного формообразования зданий с использованием средств альтернативной энергетики и определении специфических особенностей архитектурного проектирования таких зданий. **Вывод.** Сформулированы возможные тенденции развития зданий с интегрированными ветряными установками. Полифункциональность ветряных установок заключается в специальных свойствах отдельных элементов материально-конструктивной

структуры здания, которые повышают аэродинамические характеристики внешней оболочки и, соответственно, энергоэффективность ветроприемных устройств. Таким образом, эффективность энергосистемы ветроэнергоактивного здания напрямую зависит от его объемно-пространственного решения.

Ключевые слова: архитектура, высотные жилые здания, энергоэффективность, объемно-планировочные решения

THE PRINCIPLES OF POWER-RISE BUILDINGS COMPLEXES FORMATION USING WIND ENERGY

NEVGAMONNIY G. U. *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

Department of Architecture and Design, State Higher Education Establishment «Pridneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-94-98, e-mail: a_nevgamonniy@i.ua, ORCID ID: 0000-0033-0078-0024.

Summary. Raising of problem. The methodology of designing energy-efficient tower building should be based on systematic analysis of the building as a unified energy system. The prominent architect Norman Foster (Sir Norman Foster) writes: "Architects cannot solve all the world's environmental problems, but we can design buildings that require only a fraction of current energy consumption, in addition, through proper urban planning we can affect traffic flows. The location and functionality of buildings, its structural flexibility and technological resources, orientation, shape and structure, heating and ventilation characteristics used in the construction materials - all these parameters affect the amount of energy required for the construction, operation and maintenance of the building, and as for transportation, moving to it and from it" [1]. **Purpose.** The purpose of the study is scientific justification principles of architectural formation decisions of the power-rise energy efficient complexes and developing methods of architectural design of PRBC using wind energy. To develop the science-based principles forming the architectural buildings with the use of alternative energy and determine the specific features of the architectural design of buildings. **Conclusion.** The principles of architectural forming in the use of wind power and identify possible trends for the development of buildings with integrated wind installations. Polyfunctional wind power plants are in special properties of certain material and structural elements of the building structure, improve aerodynamic performance of the outer shell and therefore wind energy devices. Thus, the power efficiency of energy active building depends on its space solutions.

Key words: architecture, high-rise residential buildings, energy efficiency, space-planning decisions

Постановка проблеми. Енергозберігальними називаються такі будівлі, під час проектуванні яких був передбачений комплекс архітектурних та інженерних заходів, що забезпечують істотне зниження витрат енергії на тепlopостачання цих будинків порівняно зі звичайними (типовими) будівлями з одночасним підвищенням комфортності мікроклімату в приміщеннях. Методологія проектування енергозберігальної висотної будівлі повинна ґрунтуватися на системному аналізі будівлі як єдиної енергетичної системи. Поліпшенням енергоефективності може стати будівництво енергозберігальних висотних будівель - ЕВБ.

Теоретичною базою дослідження послужили праці:

- з дослідження врахування впливу клімату на проектування будівель і забудови населених місць: Т. А. Маркуса, Е. Н. Морріса, В. С. Беляєва, Л. П. Хохлової, Е. І. Реттера, [12; 13; 15];

- з вивчення екологічного аспекту формування енергоефективних будівель: А. Н. Те-

тіора, П. Н. Давіденко, З. К. Петрової, Н. А. Саприкіної [16 - 21];

- з розгляду об'ємно-планувальних прийомів формоутворення енергоефективних житлових будинків: Ю. А. Табунщикова, С. М. Глікіна [7 - 11; 22 - 24];

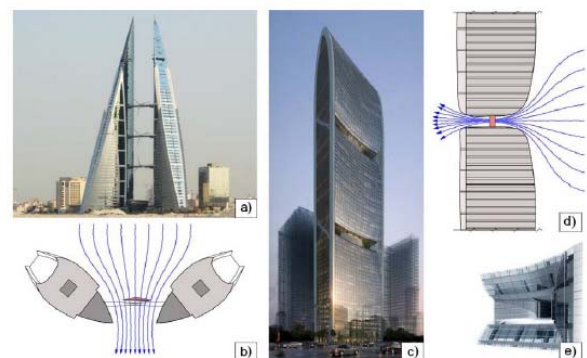


Рис. 1. Формоутворення будівель з використанням енергії вітру: а, б – Бахрейнський всесвітній торговий центр, с, d, e – Pearl River Tower

До 2000-х років в Україні наукова діяльність у галузі альтернативної енергетики практично припинилася. Зараз питаннями синтезу альтернативної енергетики та архітектури займаються: А. М. Баталов, А. А. Магай, В. А. Новіков, Н. А. Саприкіна,

Ю. А. Табунщиков. У числі найбільш значних проектів енергоактивних будівель, що ілюструють особливий підхід архітекторів до формоутворення будівель із використанням засобів альтернативної енергетики. - Бахрейський всесвітній торговий центр (рис. 1) (Шон Кілл), офісна будівля «Pearl River Tower» (рис. 1) (Гордон Гілл, Едріан Сміт), житлова вежа «Strata SE1» у Лондоні.

Мета дослідження - розробити науково обґрунтовані принципи архітектурного формоутворення будівель з використанням засобів альтернативної енергетики та визначити специфічні особливості архітектурного проектування таких будівель; виявити позитивні і негативні фактори інтеграції засобів альтернативної енергетики в структуру будівель і оцінити ступінь їх впливу на процес архітектурного формоутворення; розробити теоретичну модель архітектурного формоутворення будівель з використанням засобів альтернативної енергетики; проаналізувати енергоактивні будівлі з позиції архітектурного формоутворення і запропонувати наукову основу їх проектування.

Досліджено житлові, громадські будівлі з інтегрованими в їх структуру засобами альтернативної енергетики, визначено - принципи архітектурного формоутворення будівель. Дослідження обмежується будівлями з інтегрованими в їх структуру активними енергосистемами, що входять у комплекс альтернативної енергетики.

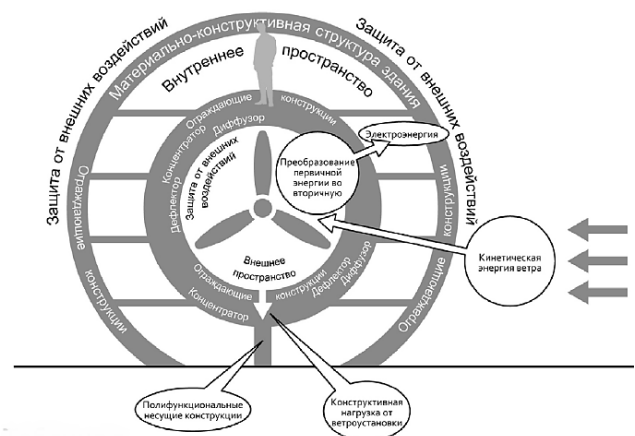
- Досліджено вітчизняний та зарубіжний досвід проектування та зведення енергоактивних будівель із використанням засобів альтернативної енергетики: виявлено тенденції архітектурного формоутворення на основі комп'ютерного аналізу, виконаного за допомогою новітніх систем автоматизованого проектування; виявлено та систематизовано принципи архітектурного формоутворення сучасних енергоактивних будівель як комплексу заходів на основі принципів формоутворення будівель виявлені творчі концепції архітектурного проектування будівель з використанням альтернативних джерел енергії.

Методи підвищення енергоефективності вітрових установок у структурі бу-

дівлі як фактор архітектурного формоутворення.

Взаємодія будівлі з вітровими потоками розглядається як найважливіший аспект архітектурного проектування. Будівлі, що застосовують технічні засоби, переробляючи кінетичну енергію вітру на теплову та електричну енергію, частково або повністю покриваючи при цьому енергетичні потреби будівлі та компенсуючи ресурси енергомережі, визначаються як вітроенергоактивні будівлі. У разі поліфункціонального використання вітряних енергетичних систем їх окремі елементи можуть об'єднувати в собі комплекс різних функцій: крім прямих технологічних функцій, вони можуть грати роль носійних та огорожувальних конструкцій будівлі (рис. 2).

Поліфункціональність засобів вітроенергетики в структурі будівлі визначається як основний метод підвищення енергоефективності. Поліфункціональність вітряних установок полягатиме в спеціальних властивостях окремих елементів матеріально-конструктивної структури будівлі, що підвищують аеродинамічні характеристики зовнішньої оболонки і, відповідно, енергоефективність вітроприймальних пристроїв.



Принципіальная схема полифункционального использования средств ветроэнергетики в структуре здания

Рис. 2. Принципова схема поліфункціонального використання засобів вітроенергетики в структурі будівлі

Установку вітроприймальних пристроїв слід розміщувати в міжбаштовому просторі з орієнтацією в бік установки технічних і господарських приміщень, сходово-ліфтових вузлів, а також шляхом викорис-

тання в структурі будівлі повітрязабірних отворів із глухимиконцентраторами і з розташованими всередині вітроприймальними пристроями, а також шляхом установки вітроприймальних пристроїв на глухих стінах або над дахом будівлі.

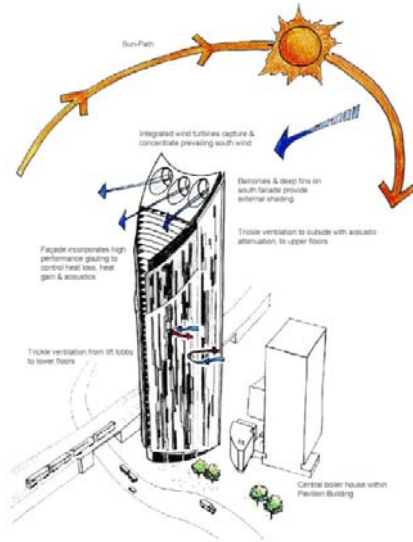


Рис. 3. Житлова вежа Strata SE1 в Лондоні

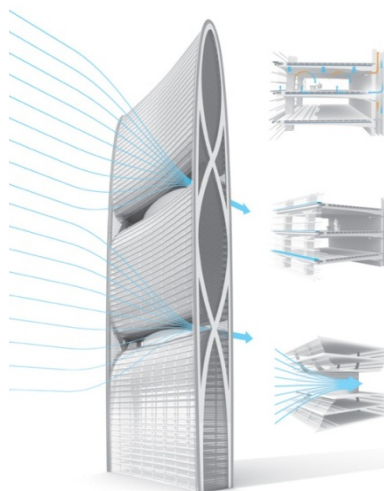


Рис. 4. Енергоефективний хмарочос: Башта Перлинової річки

Архітектурне формоутворення будівель із використанням засобів вітрової енергетики

Аналізуючи світовий архітектурний досвід ветроенергоактивних будинків, слід зазначити, що використання поліфункціональних вітряних енергосистем полягає в організації різного роду поверхонь зі специфічними концентраторами, дефлекторними і пере-

направляє властивостями. У зв'язку з цим можна виділити три основні типи будівель з поліфункціональними вітряними установками: будівлі з баштовими концентраторами, будівлі з повітрязабірними отворами і будівлі з дефлекторними поверхнями.

Форма	Вплив вітру	Приклад	Опис
$S=1000 \text{ м}^2$ $P = 126\ 812 \text{ ж}$	Изображение: Foster and Partners	Приклад: COR building, OPENheim architecture	Кругла форма є найбільш оптимальною, оскільки при одній і тій же площі коло володіє меншим периметром. Кругла форма отримує більше сонячної радіації з південної сторони.
$S=1000 \text{ м}^2$ $P = 112\ 349 \text{ ж}$	Изображение: Foster and Partners	Приклад: Башня Мэри-Экс, 30, «Фостер и Партнерс»	
$S=1000$ $P = 144\ 781 \text{ ж}$	Изображение: Duke Energy Center, Apex. Tvsdesign	Приклад: Duke Energy Center, Apex. Tvsdesign	Форми з округленими кутами є більш сприятливими з точки зору впливу Сонця. при однаковій площі форми з округленими кутами володіють меншим периметром, отже зменшуються тепловтрати з поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій холодну пору року і теплопоступлення в теплу пору року. Широтна орієнтація сприяє сприятливій інсоляції будівель.
$S=1000$ $P = 133\ 375 \text{ ж}$	Изображение: Commerzbank, «Фостер и Партнерс»	Приклад: Commerzbank, «Фостер и Партнерс»	
$S=1000$ $P = 145\ 699 \text{ ж}$	Изображение: The City Centre of Huzhou, Apex. MAD	Приклад: The City Centre of Huzhou, Apex. MAD	
$S=1000 \text{ м}^2$ $P = 141\ 170 \text{ ж}$	Изображение: AKASYA Client, Apex. Acibadem Architect	Приклад: AKASYA Client, Apex. Acibadem Architect	
$S=3000 \text{ м}^2$ $P=200\ 500 \text{ ж}$			Запропонований варіант орієнтації та форми будівлі

Рис. 5. Аналіз різних форм будівлі з точки зору максимального використання енергії сонця та вітру. Отож найбільш ефективною з погляду мінімізації тепловтрат є кругла форма. Вона володіє найменшим периметром, і, отже, будівлі круглої в плані форми матимуть найменшу площу зовнішніх огорожувальних конструкцій. Також ця форма сприятлива з точки зору впливу вітрових потоків.

У числі розглянутих ключових проєктів: - житлова вежа «Strata SE1» в Лондоні (рис. 3), хмарочос «Pearl River Tower» в Гуанчжоу (рис. 4), Бахрейнський всесвітній торговий центр в Манамі, житловий комплекс «Ремсгейт Стріт» у Лондоні, будівля гаража «Грінвей Селф Парк» у Чикаго та ін.

Одноцільові вітряні установки, як правило, складаються з вітроприймального ро-

тора, електрогенератора і носійної підсистеми. Їх використання в структурі будівлі відбивається на процесі формоутворення, торкаючись таких складових елементів як силует і контур об'ємно-просторової структури, при цьому не впливаючи на об'ємно-планувальні рішення. З цієї причини вплив одноцільових вітряних установок на процес архітектурного формоутворення (рис. 5) вітроприймальних будівель можна вважати повноцінним.

Висновок. Проведено аналіз об'ємно-планувальних рішень сучасних висотних енергоактивних будівель із викорис-

танням енергії вітру. Виявлено закономірності впливу форми та орієнтації будівель на енергоефективність. Зроблено прогноз щодо подальшого розвитку енергоефективних типів будівель. Запропоновано архітектурно-планувальні рішення компоновки форми будівлі для оптимального використання енергії вітру. Домінуючим фактором стане забезпечення мінімальних тепловтрат та перехід на поновлювані джерела енергії в будівлях за рахунок розроблення та використання енергоекономічних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Foster N. *Works 2* / N. Foster ; ed. D. Jenkins. – [London] : Prestel, 2005. – 566 p.
2. Беляев В. С. Об использовании альтернативных источников энергии / В. С. Беляев, В. Э. Степанова // *Жилищное строительство*. – 2005. – № 10. – С. 15-16.
3. Граник Ю. Г. Объемно-планировочные решения при формировании новых типов энергоэффективных жилых зданий / Ю. Г. Граник, А. А. Магай, В. С. Беляев // *Энергосбережение*. – 2003. – № 4. – С. 78-81.
4. Граник Ю. Г. Конструкции наружных ограждений и инженерные системы в новых типах энергоэффективных жилых зданий / Ю. Г. Граник, А. А. Магай, В. С. Беляев // *Энергосбережение*. – 2003. – № 5. – С. 73-75.
5. Граник Ю. Г. Формирование новых типов энергоэффективных жилых зданий / Ю. Г. Граник, А. А. Магай, В. С. Беляев // *Жилищное строительство*. – 2003. – № 10. – С. 5-8.
6. Куприянов В. Н. Строительная климатология и физика среды / В. Н. Куприянов. – Казань : КГАСУ, 2007. – 114 с.
7. Ливчак В. И. Как же приблизить время расчетов жителей за потребленные ресурсы в объеме того, что потребители / В. И. Ливчак // *Энергосбережение*. – 2006. – № 2. – С. 46-48.
8. Маклакова Т. Г. Функция, конструкция, композиция в архитектуре / Т. Г. Маклакова. – Москва : АСВ, 2002. – 256 с.
9. Михайлов С. А. Повышение энергоэффективности как ключевой фактор достижения энергетической безопасности в России / С. А. Михайлов, В. М. Васильев, В. Ф. Помогаев // *Энергосбережение*. – 2006. – № 2. – С. 52-55.
10. Нурмиев Г. Н. «Москва – энергоэффективный город» / Г. Н. Нурмиев // *Жилищное строительство*. – 2002. – № 4. – С. 26-28.
11. Оболенский Н. В. Архитектура и солнце / Н. В. Оболенский. – Москва : Стройиздат, 1988. – 207 с.
12. Огородников И. А. Экодом — жилище XXI века / И. А. Огородников // *Архитектура и строительство России*. – 1996. – № 9. – С. 14-15.
13. Сапрыкина Н. А. Альтернативная архитектура с автономным энергообеспечением / Н. А. Сапрыкина // *Известия вузов. Строительство*. – 2000. – № 7/8. – С. 112-116.
14. Сапрыкина Н. А. Биоклиматическая архитектура как ресурс новаторства идей / Н. А. Сапрыкина // *Известия вузов. Строительство*. – 2004. – № 7. – С. 85-91.
15. Сапрыкина Н. А. Жилище нового поколения как интегрированная экологическая система / Н. А. Сапрыкина // *Известия вузов. Строительство*. – 2002. – № 5. – С. 112-115.
16. Сапрыкина Н. А. Потенциальные возможности использования экологических принципов проектирования в архитектуре / Н. А. Сапрыкина // *Известия вузов. Строительство*. – 2003. – № 9. – С. 129-134.
17. Табунщиков Ю. А. Энергоэффективное здание учебного центра / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин // *АВОК : Вентиляция. Отопление. Кондиционирование*. – 2002. – № 5. – С. 10-21.

REFERENCES

1. Foster N. *Works 2*. [London] : Prestel, 2005, 566 p.
2. Belyaev V.S. and Stepanova V.E. *Ob ispol'zovanii al'ternativnykh istochnikov energii* [About the use of alternative energy sources]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2005, no. 10, pp. 15-16. (in Russian).

3. Granik Yu.G., Magaj A.A. and Belyaev V.S. *Ob'emno-planirovochnye resheniya pri formirovanii novykh tipov energoeffektivnykh zhilykh zdaniy* [Space-planning solutions in the formation of new types of energy-efficient residential buildings]. *Energoberezhenie* [Energy saving]. 2003, no. 4, pp. 78-81. (in Russian).
4. Granik Yu.G., Magaj A.A. and Belyaev V.S. *Konstruktii naruzhnykh ograzhdeniy i inzhenernye sistemy v novykh tipakh energoeffektivnykh zhilykh zdaniy* [The construction of the outer fence and engineering systems for new types of energy-efficient residential buildings]. *Energoberezhenie* [Energy saving]. 2003, no. 5, pp. 73-75. (in Russian).
5. Granik Yu.G., Magaj A.A. and Belyaev V.S. *Formirovanie novykh tipov energoeffektivnykh zhilykh zdaniy* [Formation of new types of energy-efficient residential buildings]. *Zhilischnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2003, no. 10, pp. 5-8. (in Russian).
6. Kupriyanov V.N. *Stroitel'naya klimatologiya i fizika sredy* [Construction climatology and physics of the environment]. Kazan': KGASU, 2007, 114 p. (in Russian).
7. Livchak V.I. *Kak zhe priblizit' vremya raschetov zhiteley za potreblennye resursy v ob'eme togo, chto potrebili* [How to bring the calculation time for the inhabitants of resource consumption in the volume of required]. *Energoberezhenie* [Energy saving]. 2006, no. 2, pp. 46-48. (in Russian).
8. Maklakova T.G. *Funktsiya, konstruktsiya, kompozitsiya v arkhitekture* [Function, structure, composition in architecture]. Moscow: ASV, 2002, 256 p. (in Russian).
9. Mikhaylov S.A., Vasil'ev V.M. and Pomogaev V.F. *Povyshenie energoeffektivnosti kak klyuchevoy faktor dostizheniya energeticheskoy bezopasnosti v Rossii* [Improving of energy efficiency as a key factor of achievement of energy of safety in Russia]. *Energoberezhenie* [Energy saving]. 2006, no. 2, pp. 52-55. (in Russian).
10. Nurmiev G.N. «Moskva – energoeffektivny gorod» ["Moscow is an energy efficient city"]. *Zhilischnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2002, no. 4, pp. 26-28. (in Russian).
11. Obolenskiy N.V. *Arkhitektura i solntse* [Architecture and the sun]. Moscow: Stroyizdat, 1988, 207 p. (in Russian).
12. Ogorodnikov I.A. *Ekodom — zhilische XXI veka* [Eco House is housing of the XXI century]. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and construction of Russia]. 1996, no. 9, pp. 14-15. (in Russian).
13. Saprykina N.A. *Al'ternativnaya arkhitektura s avtonomnym energoobespecheniem* [Alternative architecture with autonomous energy supply]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [Proceedings of HEE. Construction]. 2000, no. 7/8, pp. 112-116. (in Russian).
14. Saprykina N.A. *Bioklimaticheskaya arkhitektura kak resurs novatorstva idey* [Bioclimatic architecture as a resource for innovation ideas]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [Proceedings of HEE. Construction]. 2004, no. 7, pp. 85-91. (in Russian).
15. Saprykina N.A. *Zhilische novogo pokoleniya kak integrirovannaya ekologicheskaya sistema* [Housing of a new generation as an integrated ecological system]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [Proceedings of HEE. Construction]. 2002, no. 5, pp. 112-115. (in Russian).
16. Saprykina N.A. *Potentsial'nye vozmozhnosti ispol'zovaniya ekologicheskikh printsipov proektirovaniya v arkhitekture* [The potential use of environmental design principles in architecture]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [Proceedings of HEE. Construction]. 2003, no. 9, pp. 129-134. (in Russian).
17. Tabunschikov Yu.A., Brodach M.M. and Shilkin N.V. *Energoeffektivnoe zdanie uchebnogo tsentra* [Energy-efficient building of educational center]. *AVOK: Ventilyatsiya. Otoplenie. Konditsionirovanie* [Ventilation. Heating. Conditioning]. 2002, no. 5, pp. 10-21. (in Russian).

Рецензент: к. т. н., проф. О. В. Челноков

Надійшла до редколегії: 12.08.2015 р. Прийнята до друку: 15.10.2015 р.