

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СТРУКТУРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АРХИТЕКТУРНОГО ОБЪЕКТА

М. Стаменкович

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

В статье проводится обзор компьютерных программ, позволяющих осуществлять анализ архитектурных объектов с целью учета влияния климатических характеристик среды на объемно-пространственные решения зданий, а также подбор эффективных технологических систем для повышения энергоэффективности проектных решений. Работа программных модулей осуществляется на основе создания имитационных моделей архитектурных объектов. Обзор проводится в рамках исследования адаптивной реорганизации жилых кварталов индивидуальных жилых домов в Сербии с целью повышения уровня комфорта и энергоэффективности последних.

Ключевые слова: энергоэффективность, природно-климатические факторы, компьютерное моделирование, энергетический анализ, климатический анализ, информационная модель здания

PRINCIPLES OF COMPUTER SIMULATIONS IN CLIMATE AND ENERGY ANALYSIS TOOLS FOR INFORMATIONAL ARCHITECTURAL MODELS' STRUCTURE

M. Stamenkovic

Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia

Abstract

This article provides an overview of computer software climate and energy analysis tools that deal with three-dimensional models, processes, simulations, algorithms for the creation of information models of buildings. The developed software modules allow for a phased and systematic data collection and processing of information that can be used as a pre-design, as well as in the later stages of design. This review is the study of renovation principles of the individual residential buildings blocks in Serbia. In this case we described the combination method of climate and energy analysis tools and fixed main principles of working process with it. This analysis platform use needs to visualize analytical data in affordable way to rethinking principles of renovation for better energy efficiency residential space performance.

Keywords: energy-efficient, climatic factors, simulation, climate and energy analysis, building informational model

Повышение энергоэффективности в проектируемых или реконструируемых зданиях, заложенное в новых международных стандартах, требует от архитекторов более внимательного изучения и учета параметров внешней среды, их влияния на объемно-пространственное решение, и выбор технологических средств, обеспечивающих функционирование объектов. Существенной частью проектного процесса становятся многофакторный анализ ситуаций и проверка эффективности проектного решения. Современной технологической платформой для проведения аналитических процедур являются компьютерные технологии, при помощи которых происходит обработка и оценка данных, а также осуществляется поиск оптимальных решений, соответствующих требованиям повышения комфорта и качества проектируемой среды.

Современные дизайнеры и архитекторы в поисках наиболее жизнеспособного варианта объемно-пространственного решения проектируемого объекта все чаще используют средства компьютерного имитационного моделирования на ранних стадиях проектирования.

Моделирование (англ. modelling) - метод изучения объектов (предметов, систем, процессов, явлений) путём построения и исследования их моделей. Моделирование даёт возможность абстрагироваться от несущественных характеристик объектов, изучать в динамике пространственно-временные и другие параметры протекающих в них процессов. В том же контексте стоит рассматривать и термин «имитация». Цель имитационного моделирования заключается в воспроизведении поведения системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами в исследуемой предметной области. Существует несколько причин, по которым имитационное моделирование является целесообразным:

- 1) дороговизна или невозможность экспериментирования на реальном объекте;
- 2) невозможность построения аналитической модели, так как причинно-следственные связи в системе слишком сложны, и их нельзя описать математическими методами;
- 3) необходимость имитировать поведение системы во времени [2].

Аналитическими инструментами имитационного моделирования являются специально разработанные программные модули, позволяющие анализировать объемно-пространственные решения, осуществлять процессы симуляций и работать с информационными моделями объектов. Программные модули осуществляют поэтапный и систематизированный сбор и обработку информации, которая может использоваться как в предпроектных проработках, так и на более поздних стадиях проектирования.

Примером использования подобных программных модулей может служить создание навеса над террасой в Архитектурной ассоциации Лондона, где солнечный анализ являлся необходимой частью процесса формообразования. В результате элементы структуры навеса имели оптимальный угол наклона, полученный как результат нескольких аналитических процедур (Рис. 1(a,b)).

В исследовании рассмотрены инструменты, при помощи которых возможно изучение взаимосвязи формы объекта и потребления/получения энергии для повышения комфорта и энергоэффективных характеристик в кварталах с индивидуальными жилыми домами. Для осуществления подобных аналитических процедур необходимым является создание трехмерных моделей зданий, включающих дополнительную информацию о материалах и конструкциях. С помощью таких моделей можно быстрее визуализировать результат анализа и проверить эффективность вносимых изменений (Рис. 2).

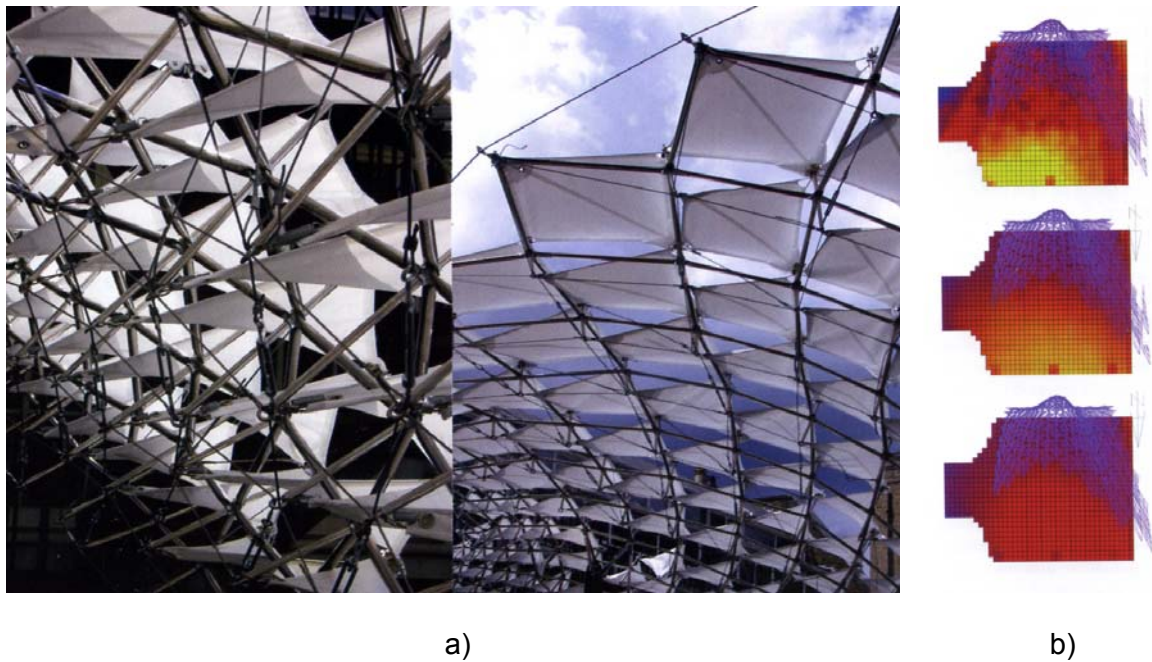


Рис. 1(a,b). Пример использования «солнечного» анализа: а) навес над террасой в Школе Архитектурной Ассоциации в Лондоне; б) анализ затенения террасы

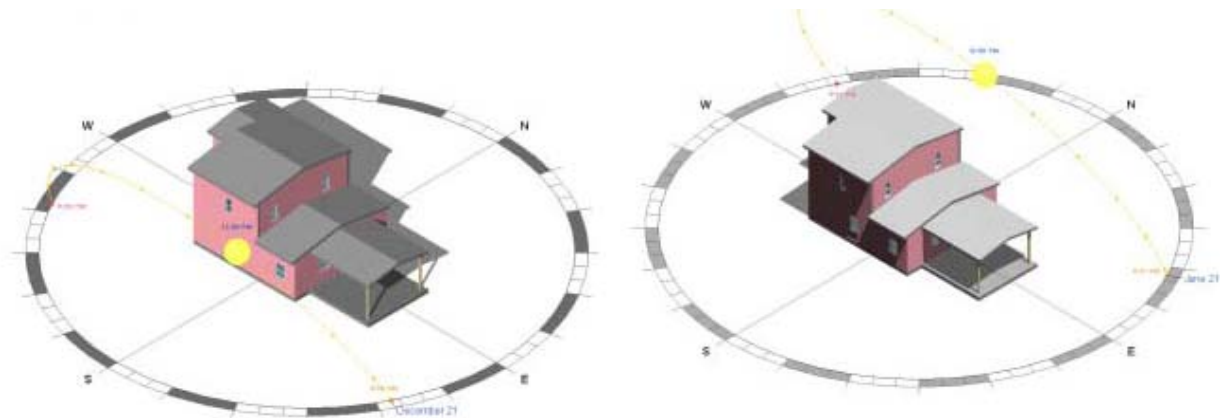


Рис. 2. Трехмерная модель индивидуального жилого дома в программном модуле, работающем с BIM

Одной из функций рассматриваемых аналитических компьютерных инструментов является определение тепловых нагрузок и количества поступающей из естественных источников энергии, в зависимости от пространственных параметров самого здания, для последующего выбора системы отопления и охлаждения помещений (ОВК систем). При этом необходимыми данными являются: информация о погодных условиях, конструкциях здания (материалах оболочки зданий и проч.), условия эксплуатации здания (количество жителей) и т.д. В таком подходе очень часто адекватным решением становится использование GIS¹ информации и создание упомянутых виртуальных 3D-моделей зданий с возможностью объединения их в BIM-модель (Building Informational Model)² [3] (Рис. 3).

¹ Geo Informational Systems – Гео Информационные системы.

² Building Information Modeling – Информационная модель Здания.
http://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_модель

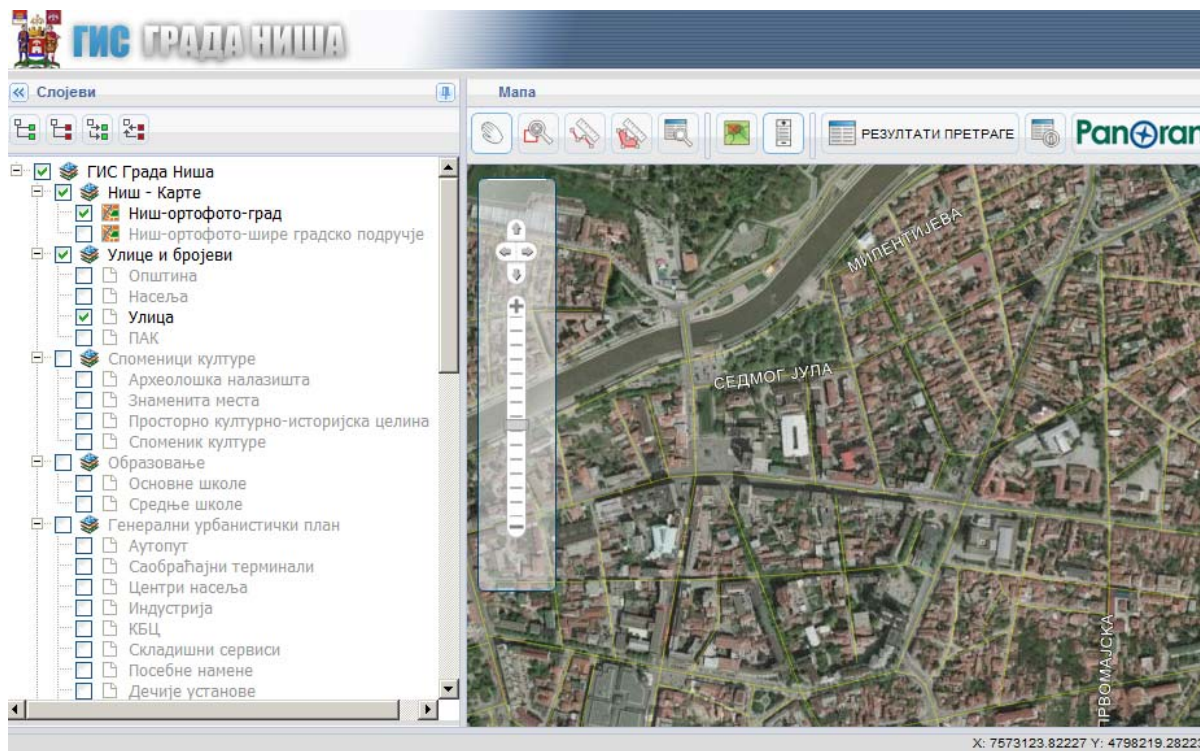


Рис. 3. Пример GIS карты города Ниш в Сербии³

Использование BIM-моделей выводит работу архитектора на новый технологический уровень:

- 1) позволяет документировать и собирать большое количество данных о параметрах функционирования существующих зданий и новых проектных решениях индивидуальных жилых домов, и обмениваться информацией с заказчиками;
- 2) позволяет анализировать решения, относящиеся к интеграционной доступности, жизнеобеспеченности объектов, проектной ситуации, безопасности, системе микроклимата и конструктивной системе;
- 3) координирует работу специалистов, использующих одну базу данных BIM-объекта.

Существует несколько групп аналитических программных модулей:

Первая группа – программы, осуществляющие климатический, энергетический и экологический анализы и преобразующие концептуальные 3D-модели в аналитические. Из таких программ можно назвать Autodesk Revit Conceptual Energy Analysis, Ecotect Analysis, проект Vasari, DIVA, Energy Plus⁴ и другие.

Вторая группа программ, направлена на определение стоимости энергетической оптимизации (например, HEED - Home Energy Efficient Design).

Третья группа программ решает задачи по учету требований генерального плана к объемно-пространственной форме архитектурных объектов SEAT (Subdivision Energy Analysis Tool) (Рис. 4).

³ <http://www.gis.ni.rs>

⁴ http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_format.cfm

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
											
26%	33%	41%	48%	52%	58%	66%	66%	61%	49%	30%	23%
2,4h	3,4h	4,9h	6,5h	7,8h	9,0h	10,1h	9,2h	7,7h	5,4h	2,8h	2,1h

Рис. 4. Количество солнечной энергии, которое возможно использовать при существующей ориентации квартала, по отношению к максимально возможному варианту, и время долготы дня, в среднем за сезон. Расчет проводился на примере г. Ниш в Сербии

Такое деление продиктовано тем, что большинство компьютерных модулей разработано для расчета энергопотребления в индивидуальном здании, и только несколько из них предполагают работу в более крупных градостроительных масштабах. Однако многие инструменты анализа энергетических характеристик здания могут быть использованы и для целого поселения. Инструменты анализа микроклимата не всегда предполагают определение четкого количества кварталов, поселений или домов. Они идентифицируют влияние кластера зданий на их окружение, которое в свою очередь оказывает влияние на отопление и охлаждение самих зданий.

Инструменты, работающие в масштабе поселения, чаще всего базируются на комбинации двух разных типов программ и пытаются установить связь между ними. Например, CAD-моделер Rhinoceros может совместно работать с аналитическим приложением Radiance/Daysim(DIVA). Взаимосвязь устанавливается таким образом, что модель, экспортируемая из Rhinoceros в Radiance/Daysim, возвращается обратно с цветовой картой-диаграммой получения солнечной энергии, распределенной по объекту. Симуляция месячной или сезонной солнечной радиации может быть представлена в картах диаграмм, так же как и фактор дневной освещенности⁵ (Рис. 5).

Существенным является тот факт, что с помощью различных приложений (например, модуля Grasshopper) в исследуемую модель архитектурного объекта можно вносить изменения (размеров оконных и дверных проемов или свойств материалов, предназначенных для разных частей объекта) и отслеживать **в динамическом** визуальном режиме влияние внесенных изменений на характеристики объекта в целом [7].

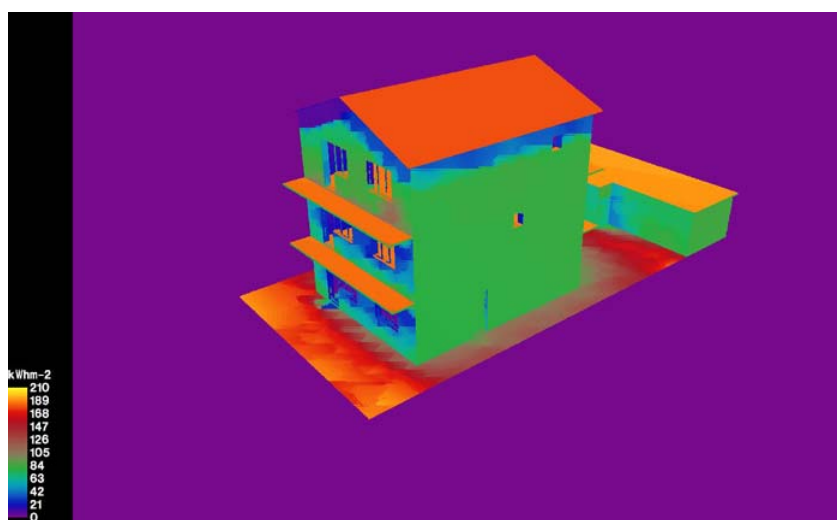


Рис. 5. Карта радиации для типичного индивидуального жилого дома в Сербии

⁵ <http://www.diva-for-rhino.com/usersforum.html>

Как пример необходимого архитектору аналитического программного приложения можно рассмотреть модуль DIVA-for-Rhino, предназначенный для анализа естественного освещения и моделирования тепловых поступлений. Плагин был первоначально разработан в Высшей школе дизайна в Гарвардском университете в США. В настоящее время он распространяется и разрабатывается Solemma LLC.

DIVA-for-Rhino позволяет пользователям осуществлять ряд оценок экологических характеристик отдельных зданий и городской среды, создавать радиационные карты, фотореалистичную визуализацию, анализ инсоляции и осуществлять оценку внутреннего микроклимата в помещениях в соответствии стандартам LEED (Рис. 6(a,b)).

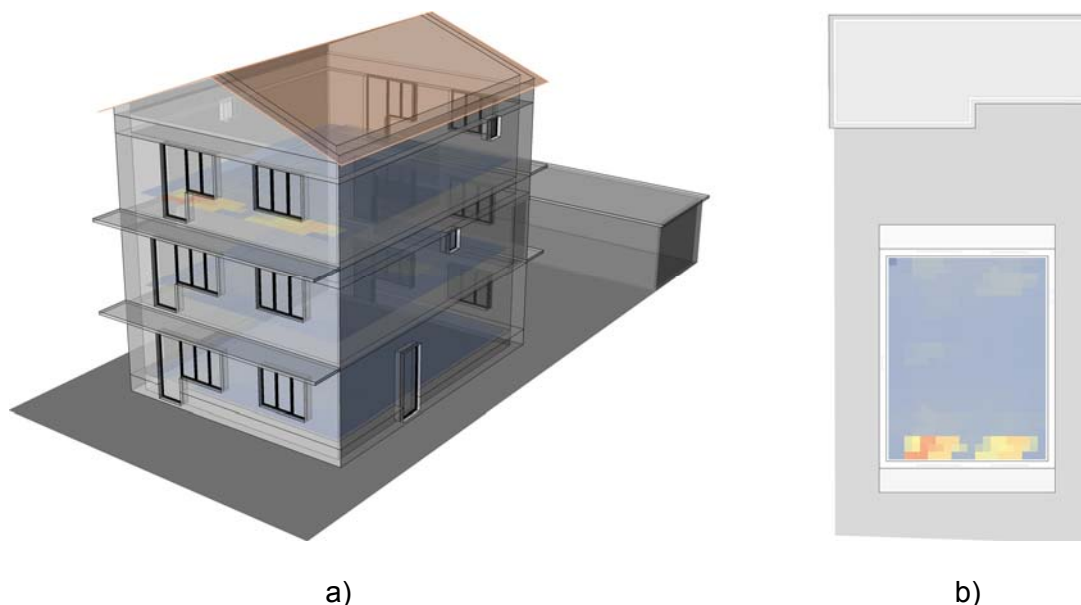


Рис. 6(a,b). Карта радиации для внутренних помещений дома в июле: а) 3D-вид; б) план дома с неразграниченным внутренним пространством и шкалой радиации

Необходимо отметить, что многие аналитические инструменты, при помощи которых можно проводить анализ дневного освещения, работают по следующей схеме:

- 1) экспортирование геометрии модели во временный формат файла;
- 2) импортирование файла в аналитическую программу;
- 3) установка характеристик материалов и параметров симуляции;
- 4) запуск симуляции;
- 5) импортирование результатов анализа обратно в CAD-программу для визуализации данных.

Такой подход является слишком сложным для тех, кто предполагает осуществить быструю проверку характеристик проектного предложения. Поэтому, изучая работу программных модулей, можно предложить следующую схему, совмещающую работу аналитических расчетных процедур с циклом адаптирующих действий⁶ по изменению свойств модели, что позволяет наиболее быстрым способом получить предварительную оценку проектного решения [5] (Рис. 7).

⁶ Адаптирующее действие – изменение свойств о/п структуры объекта, материалов, внедрение технологических устройств, позволяющее повысить энергоэффективность и комфорт в существующем объекте.



Рис. 7. Визуализация 3D-модели и карты-диаграммы, получаемые из поэтапных аналитических расчетов

Для более точной работы программы оптимальным является послойное разделение элементов 3D-модели в зависимости от свойств выбранных материалов. Каждому типу аналитической процедуры (расчет количества радиации, тепловых поступлений во внутренние помещения, дневного освещения) соответствует своя результирующая расчетная визуальная карта распределения значения параметров. Чаще всего такие карты накладываются на 3D-модели. Важным свойством карт-диаграмм является возможность определения цифрового значения параметров для каждой точки 3D-модели.

Результаты расчетов общего коэффициента энергоэффективности реального состояния архитектурного объекта являются «точкой отсчета» и в дальнейшем будут сравниваться с результатами анализа состояния объекта после проведения любых энергоэффективных мероприятий. На каждом этапе расчета базовая геометрия претерпевает изменения, с учетом которых объект циклично проходит те же аналитические процедуры до достижения нормативного уровня энергоэффективности.

Предложенная схема принята нами как алгоритмическая основа для решения задачи адаптивной реорганизации кварталов с индивидуальными жилыми домами в периферийных районах крупных городов Сербии. Результатом работы алгоритма является оптимизированный набор мероприятий для конкретного архитектурного объекта в данных условиях (Рис. 8).



Рис. 8. Схема отношений между аналитическими процедурами и программными модулями, применяемая для исследования адаптивной реорганизации жилых кварталов с индивидуальными жилыми домами в Сербии

На рисунке 8 представлена структура взаимодействия элементов многофакторного анализа (архитектура, климат, демография, энергия) и программных модулей, на основе которых он может осуществляться.

Сведение параметров в единую информационную модель происходит, прежде всего, при помощи электронных таблиц, GIS и визуализации объемно-пространственной модели объекта. Базовым элементом в данном случае остается о/п структура, которая моделируется при помощи соответствующих модулей (например Rhinoceros). Созданная модель может подвергаться климатическому анализу, учитывающему солнечную радиацию, ветровые потоки и температурные перепады местного климата (EnergyPlus, Diva).

Кроме климатического анализа необходимо параллельно проводить сбор данных о демографической ситуации в домохозяйствах, составляющих квартал, а так же проследить энергопотребление и потенциальную энергетическую выгоду от альтернативных источников (Heed, Excel). Результат проводимых аналитических процедур чаще всего определяется при помощи коэффициента, получаемого из сравнительных электронных таблиц, и визуализируется.

Представленный в данной статье обзор аналитических программных модулей позволил:

1. Рассмотреть принципиальные схемы работы доступных программных модулей, осуществляющих климатический и энергетический анализы 3D-моделей архитектурных объектов.
2. Предложить схему объединения программных модулей в общую программную платформу для проведения многофакторного анализа текущего и проектируемого состояния исследуемого архитектурного решения для достижения нормативного уровня комфортности и энергоэффективности. Предложить Rhinoceros в качестве базовой программы, на основе которой будет проводиться анализ.
3. Сформировать структуру информационной модели объекта, с которой будет работать объединенная программная платформа. Информационная модель объекта создается на основе базовой геометрии, совокупности параметров и свойств объекта, по которым определяется энергоэффективность существующего положения или ее повышение при осуществлении различных архитектурных и технологических мероприятий.

Применяя полученные выводы к решению конкретной задачи реорганизации жилых кварталов с индивидуальными жилыми домами в Сербии, удалось конкретизировать программную платформу для следующих аналитических процедур:

- 1) Проведение анализа о/п решения жилого дома с целью уточнения параметров пространств и свойств внешней оболочки здания, размеров проемов и свойств материалов стен может осуществляться связкой программ: AutoCAD-Excel-Rhino.
- 2) Выявление влияния климатических характеристик на количество энергии, которую дом может получать из альтернативных источников энергии – комплексом программ: Excel-Rhino-DIVA-HEED.
- 3) Выявление состава и жизненного цикла различных типов семей для определения изменения назначения отдельных помещений дома и просчета количества и способов обеспечения его отоплением /охлаждением/вентиляцией / освещением / водоснабжением (Посредством программ Excel-Rhino(Grasshopper)).
- 4) Расчет количества энергии, необходимой для достижения комфортных показателей и норм энергоэффективности (Посредством программ Rhino-DIVA-HEED).

При реорганизации существующих зданий и адаптации их к новым требованиям комфорта и энергоэффективности требуется более внимательный и контролируемый учет всех существующих факторов. Многофакторный анализ влияния природно-климатических условий на архитектурные объекты делится на три стадии:

- 1) анализ существующего положения;
- 2) выявление оптимального количества и состава адаптирующих действий, направленных на улучшение комфортных и энергоэффективных показателей;
- 3) расчет корректировок функционирования каждого жилого дома и квартала в целом при прогнозируемом изменении демографического состава семей через 5-10 лет.

Примечания. Используемые в статье изображения взяты из следующих источников:

Рис. 1 (a,b) - Hensel M., Menges A., Emergent technologies and design - London: Routledge, 2010;

Рис. 2 - 3D модель в Revit Architecture 2012, работа, проводимая автором статьи;

Рис. 3 – Захват изображения с сетевого ресурса <http://www.gis.ni.rs>;

Рис. 4 – Рис. 8 – Схемы и графики, составленные автором статьи.

Литература

1. Бодрийар Ж., Симулякры и Симуляция. - Киев: ВидавництвоСоломії Павличко "ОСНОВИ", 2004.
2. Козловский Е.А., Горная энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия, 1991.
3. Cheon J., Hardy S., Hemsath T., Parametricism (SPC) ACADIA Regional 2011 Conference Proceedings – Lincoln, University of Nebraska: DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln [Сетевой ресурс]. - URL: http://digitalcommons.unl.edu/arch_facultyschol/21
4. Kolarevic B., Architecture in digital age. Design and manufacturing. – NY and London: Taylor&Francis, 2009.
5. Garber R., Closing the Gap: Information Models in Contemporary Design Practice (Architectural Design). - London: Wiley, 2009.
6. Hensel M., Menges A., Emergent technologies and design. - London: Routledge, 2010.
7. Wei R., Generative Sun Shade Design. - Germany: Hochschule Wismar, 2009.
8. Wang J., The Form of Clean Energy Neighborhoods. - Massachusetts: MIT, 2010.

References

1. Bodriyar J. *Simuljakry i Simuljazija* [Simulacra and Simulations]. Kiev, 2004.
2. Kozlovskiy E. A. *Gornaja jenziklopedija* [Mountain encyclopedia]. Moscow, 1991.

3. Cheon J., Hardy S., Hemsath T. Parametricism (SPC) ACADIA Regional 2011 Conference Proceedings – Lincoln. Available at: http://digitalcommons.unl.edu/arch_facultyschol/21
4. Kolarevic B. Architecture in digital age. Design and manufacturing. NY and London, 2009.
5. Garber R., Closing the Gap: Information Models in Contemporary Design Practice (Architectural Design). London, 2009.
6. Hensel M., Menges A. Emergent technologies and design. London, 2010.
7. Wei R., Generative Sun Shade Design. Wismar, 2009.
8. Wang J., The Form of Clean Energy Neighborhoods. Massachusetts, 2010.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

М.З. Стаменкович

Аспирант кафедры «Архитектуры жилых зданий», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
e-mail: arh.stamenkovic@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHOR

M. Stamenkovic

Post-graduate student, Department of Residential Buildings, Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia
e-mail: arh.stamenkovic@gmail.com