

Методы повышения энергоэффективности жилых зданий Баку с использованием BIM-технологий

Рассматривается энергоэффективность жилых зданий Баку и Апшерона. Используются данные статистических исследований по повышению уровня энергоэффективности зданий. Изучен зарубежный опыт, связанный с повышением энергоэффективности в зданиях. С помощью технологии информационного моделирования (BIM) проведен анализ уровня энергопотребления двухэтажного дома в различных вариантах в зависимости от изменения ориентации и использования солнечных батарей.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоресурсы, энергопотребление, информационное моделирование, жилое здание, озеленение.

KERIMOVA A. D.

METHODS OF IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL BUILDINGS OF BAKU WITH THE USE OF BIM TECHNOLOGIES

The article studies the problem of energy efficiency of residential buildings in Baku and Absheron. The data of statistical studies on improving of energy efficiency are presented. Foreign experience has been studied to support energy efficiency measures in buildings. Using information modeling (BIM), an example of the energy consumption of a two-story house of different orientations, the use of vegetation around and the use of solar panels is shown.

Keywords: energy efficiency, energy resources, energy consumption, information modeling, residential building, landscaping.



**Керимова
Айгуль
Джавид кызы**

докторант кафедры
«Архитектурное
проектирование
и Градостроительство»,
Азербайджан

e-mail:
aygulkerimova10@gmail.com

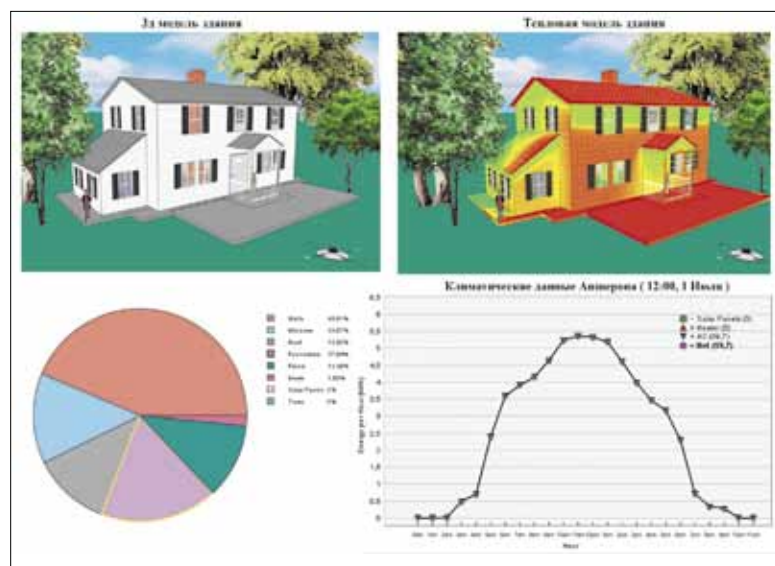
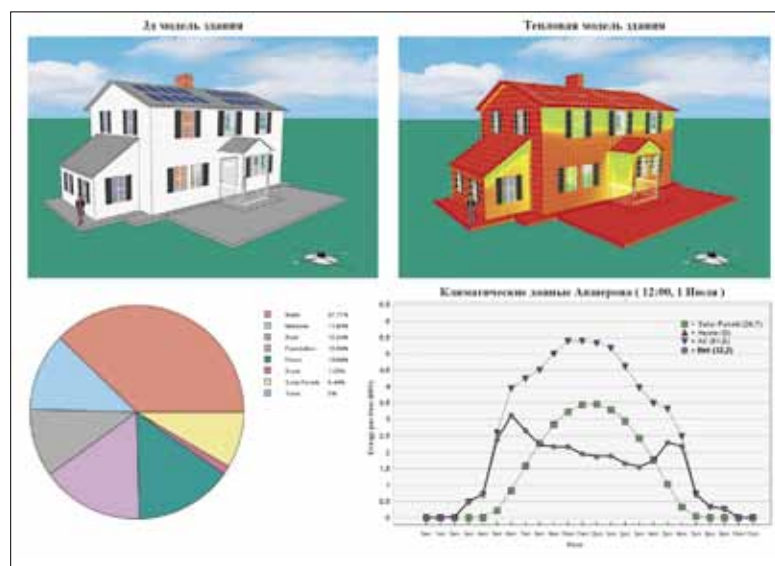
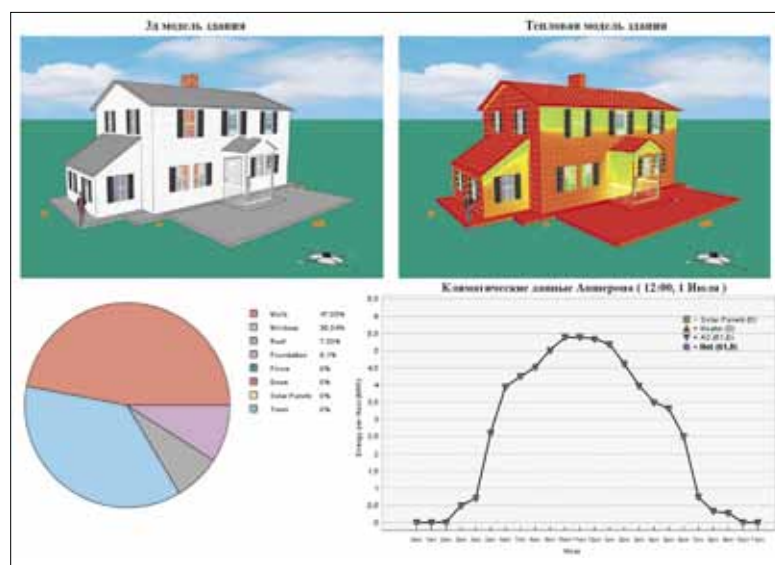
Азербайджан — страна с большим объемом производства энергоресурсов, который полностью обеспечивает внутренние потребности. К основным энергоресурсам относятся нефть и газ. Однако уровень потребления энергии внутри страны намного выше, чем в странах Европы. Согласно статистическим данным, полученным Государственным комитетом статистики Азербайджанской Республики в рамках программы EU4Energy, большая доля энергопотребления приходится на жилищный сектор, обеспечивающий за счет природного газа (на одного человека в год приходится 1,49 млн тонн нефтяного эквивалента (н. э.) [14]. Отсюда можно предположить, что значительная степень выбросов парниковых газов в сфере тепло- и электропотребления жилищного фонда в Азербайджане приходится на отопление помещений. В связи с обострившейся экологической ситуацией в мире во многих странах предпринимаются шаги в строительном секторе по внедрению устойчивой стратегии. Если в начале 1990-х гг. основной интерес состоял в экономии энергии, то уже с середины 1990-х гг. на первый план выходит изучение эффективности использования энергии при условии повышения качества внутреннего микроклимата [4, 4].

За последние 20 лет Азербайджан предпринял значительные меры по защите окружающей среды, эффективному использованию природных ресурсов и обеспечению здоровой среды обитания людей. Разработаны законодательные положения по энергоэффективности, государственные программы и структуры в сфере возобновляемой энергетики. Подготовлена экологическая карта Апшеронского полуострова.

Существует ряд исследований по данной тематике. Значительный вклад в изучение вопроса энергоэффективности и использования альтернативных источников энергии в зданиях Баку внесли труды Р. Г. Абдулрагимова [11, 12], Ф. Алиева [6, 7], О. М. Саламова [7] и др.

Строительные работы, проводимые во все возрастающих масштабах во всем мире и, в том числе, в Азербайджане, приводят к увеличению потребности в энергоресурсах. Чтобы предотвратить избыточное энергопотребление, международные стандарты предписывают не только инвестировать в строительство энергоэффективных зданий, но и развивать технологии эффективного расходования энергии в зданиях.

За последние годы сформировалось понимание необходимости рационального использования природных ресурсов с целью перехода



на рельсы «зеленой» экономики, являющейся залогом устойчивого развития. Опыт развитых стран показал, что необходимые рычаги для внедрения принципов энергоэффективного стратегического планирования в жилом секторе необходимо разрабатывать законодательно, охватывая цели, направленные именно на снижение расхода энергии, учитывая при этом существующий жилой фонд [2, 347]. Можно обратиться к опыту таких европейских стран, как Германия, Нидерланды, Хорватия, Польша и ряда других. Уже более 20 лет внедрение различных программ по энергоэффективности, массовое информирование общества, создание фондов для поддержки мер по повышению энергоэффективности и защиты окружающей среды дают импульсы к повышению класса эффективности в существующих и проектируемых зданиях [8, 582; 10, 218; 14].

Анализируя жилой фонд Баку и Апшерона, наряду с новыми постройками, можно заметить, что здесь существует немало зданий, построенных по типовым разработкам советских времен. Весь этот жилой фонд не соответствует современным стандартам классификации по энергоэффективности, принятым в странах Европейского Союза.

С целью выявления уровня энергоэффективности зданий после принятых мер по их термоизоляции и реабилитации в 2013 г. эксперты проекта Евросоюза по энергосбережению в строительном секторе (ESIB) провели энергетический аудит двух жилых зданий — детского сада в бакинском поселке Бузовна и девятиэтажного жилого здания 1980-х гг. в Бинагадинском поселке столицы. Результаты показали, что детский сад способен сэкономить до 70% потребляемой зданием энергии, а показатель девятиэтажного жилого дома составил 50–55% [15].

В Азербайджане, прежде всего, необходима модернизация существующих зданий с точки зрения потребления энергоресурсов и снижения выбросов CO_2 в окружающую среду. К примеру, уместно ввести энергетический паспорт, в котором будут учтены все тепловые характеристики жилого здания, проводить необходимые мероприятия по поощрению применения энергоэффективных технологий и методов в строительстве, подготовке профессиональных кадров, разработке пилотных программ в данной области. Учет перечисленных аспектов даст не только экономическую выгоду стране, но и создаст здоровую окружающую

среду и устойчивое развитие для будущих поколений.

Интеграция в процесс разработки проекта энергетических программ сегодня очень важна. Информационное моделирование здания (BIM) представляет собой компьютерную визуализацию, содержащую его технические характеристики. По этой причине внедрение BIM еще на ранней стадии разработки проекта ведет к значительным экологическим и экономическим выгодам, созданию комфортных условий, энергетической эффективности зданий на протяжении всего жизненного цикла.

Благодаря технологии информационного моделирования процесс разработки проекта становится более отчетливым как для проектировщиков, так и для инвесторов. Применение данных технологий позволяет вносить правки и коррективы в проект на любой его стадии, тем самым регулировать и оптимизировать затраты и различные уровни эффективности здания в зависимости от появляющихся переменных [5, 325].

Значительного сокращения энергопотребления в зданиях можно достичь только при комплексном подходе, который включает в себя разработку энергоэффективных архитектурных и инженерных решений, а также внедрение «умной» системы управления. При разработке проекта энергоэффективного здания основными факторами, которые необходимо принимать в расчет, являются: природно-климатические особенности местности; ориентация здания; строительные материалы; инженерное оборудование.

Поскольку на территории Апшерона температура воздуха в зимнее и летнее время сильно различается, практически нельзя найти единого архитектурно-строительного решения, которое соответствовало бы условиям как зимнего, так и летнего периодов. Поэтому перед проектировщиками стоит практическая задача создания адаптивной архитектуры, способной одинаково эффективно действовать в любое время года.

Для того чтобы добиться положительного результата и, соответственно, экономической выгоды, необходимо определить оптимальную ориентацию здания по сторонам света. Существует большое количество исследований по определению лучшей ориентации здания с точки зрения энергоэффективности. Кроме того, в распоряжении архитекторов есть достаточное количество компьютерных программ, таких как REVIT, Design Builder, Energy Plus, Ecotect

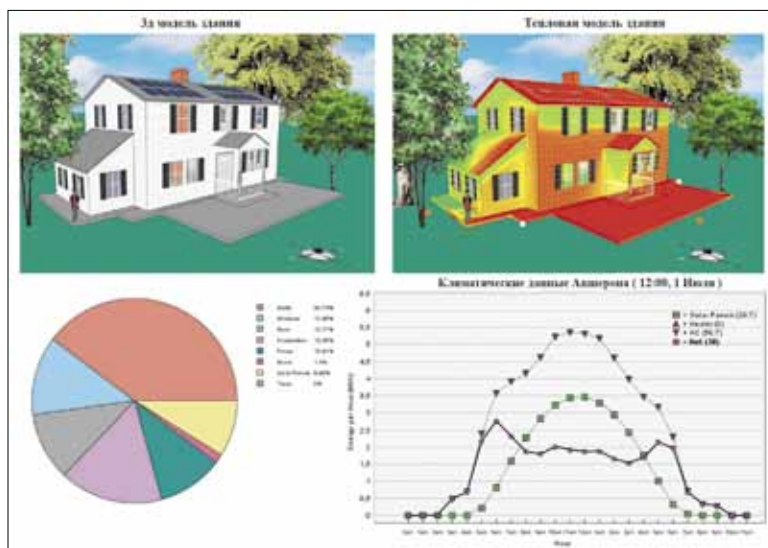


Иллюстрация 4. Здание, окруженное озеленением, и применение на нем солнечных батарей. Автор А. Д. Керимова

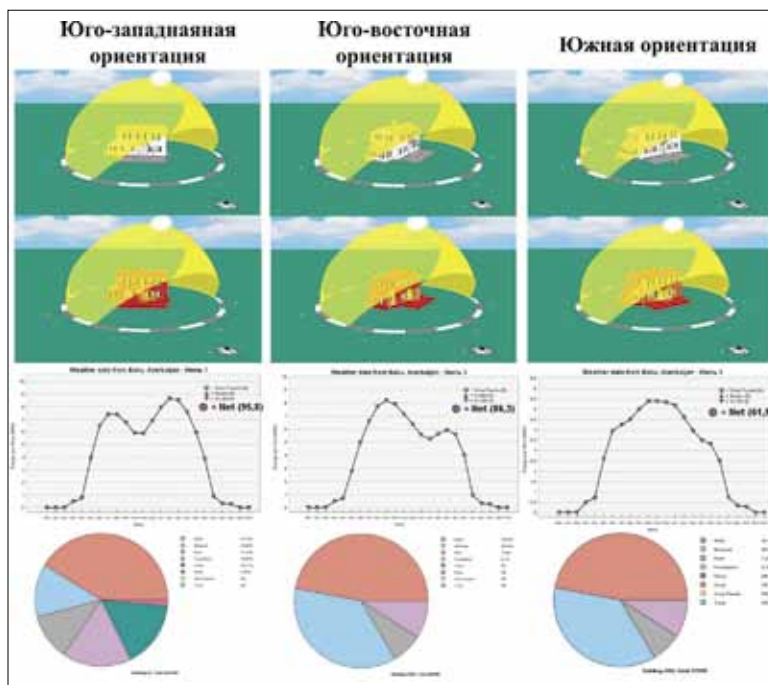


Иллюстрация 5. Схемы энергопотребления здания разной ориентации. Автор А. Д. Керимова

и др. Они служат не только для определения ориентации здания, но и для годового подсчета энергии, используемой в зданиях в дальнейшем, влияния на окружающую среду за весь их жизненный цикл.

Как правило, форма здания, площадь его поверхности и применяемые строительные материалы сильно влияют на энергетический спрос во время его эксплуатации. Большая часть энергии в зданиях теряется из-за низкого качества ограждающих конструкций. Достижение необходимых значений за счет теплоизоляции ограждающих конструкций и устра-

нение тепловых мостов являются важными аспектами для обеспечения соответствующей температуры теплового комфорта. Инженерная инфраструктура является главной составляющей в энергосбережении. Исследования показали, что на систему отопления, вентиляции и кондиционирования приходится до 85% энергопотребления, оптимизация которых посредством оптимизации инженерных решений может снизить энергопотребление на 20–50% [1].

В качестве примера энергопотребления здания автором рассмотрен жилой двухэтажный дом площа-

дью 189 кв. м. Для компьютерного энергомоделирования использована программа Energy 3D, куда была импортирована модель здания [9, 824]. С помощью Energy 3D оценена энергоэффективность на конкретную дату (1 июля), определенное время (12:00) и местоположение в г. Баку.

После введения в программу данных получена тепловая карта рассматриваемого здания. Тепловая карта представляет собой графическое представление о солнечном излучении, распределяемом по всем поверхностям выбранных объектов. В ходе исследования рассмотрено четыре варианта расположения здания в окружающей среде:

1 *Одинокое здание.* Потребление электроэнергии двухэтажного жилого дома, располагающегося на открытой территории и подвергающегося прямым солнечным лучам, составляет 61,9 кВт/ч (Иллюстрация 1).

2 *Применение солнечных батарей.* Потребление энергии двухэтажного жилого дома, располагающегося на территории, не имеющей зеленых насаждений и не подвергающейся затенению, оснащенного десятью солнечными поликристаллическими модулями размером $0,99 \times 1,65$ м (6×10 ячеек), размещенными на крыше, составляет 32,2 кВт/ч (Иллюстрация 2).

3 *Здание, окруженное озеленением.* Потребление электроэнергии двухэтажного жилого дома, располагающегося на территории, имеющей зеленые насаждения и подвергающейся их затенению, составляет 59,7 кВт/ч (Иллюстрация 3). В качестве озеленения взяты деревья, которые хорошо адаптируются в климатических условиях Баку и Апшерона. К ним относятся: клен полевой, акация, багряник средиземноморский, лигуструм блестящий и др. [3, 36].

4 *Здание, окруженное озеленением и оснащенное солнечными батареями.* Потребление энергии двухэтажного жилого дома, располагающегося на территории, имеющей зеленые насаждения и подвергающейся частичному затенению, оснащенного 10 солнечными поликристаллическими модулями размером $0,99 \times 1,65$ м (6×10 ячеек), размещенными на крыше, составляет 30,0 кВт/ч (Иллюстрация 4).

При этом солнечные батареи не должны затеняться окружающими деревьями. Исследования показали, что деревья вокруг малоэтажных жилых зданий способны сократить ветряные потоки зимой на 50%, тем самым снижая расход общего энергопотребления на 3% [13, 70].

Ориентация зданий является важным фактором, влияющим на энергопотребление здания. Поэтому для получения достаточной солнечной энергии рекомендуется южная ориентация большинства окон. При альтернативном расположении здания для компенсации утерянной энергии солнца требуется высокий уровень теплоизоляции внешних ограждающих конструкций, что, в свою очередь, приводит к дополнительным затратам на энергопотребление.

Заключение

Для того чтобы наглядно увидеть разницу в энергопотреблении одного и того же здания, имеющего различную ориентацию, был проведен компьютерный анализ почасового энергопотребления двухэтажного дома. В качестве примера была взята южная, юго-восточная, юго-западная ориентация жилого дома (Иллюстрация 5). Графический анализ показал, что при юго-западной ориентации энергопотребление здания составляет 95,8 кВт/ч, при юго-восточной — 86,3 кВт/ч, а при южной ориентации — 61,9 кВт/ч.

В результате проведенных исследований по энергомоделированию двухэтажного жилого дома с учетом природно-климатических особенностей Апшерона получены следующие данные:

- 1 Применение озеленения вокруг двухэтажного дома способно снизить почасовое энергопотребление здания на 4,6%.
- 2 Использование 10 солнечных поликристаллических модулей размером $0,99 \times 1,65$ м (6×10 ячеек) на крыше дома площадью 189 кв. м в летнее время приведет к снижению потребления традиционных источников энергии на 48%.
- 3 Южная ориентация дома в климатических условиях Апшерона по сравнению с юго-западной ориентацией способна снизить энергопотребление на 54%, а по сравнению с юго-восточной ориентацией — на 39,4%.

Список использованной литературы

- 1 Инженерное оборудование высотных зданий / Под общ. ред. М.М. Бродача. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. — 457 с.
- 2 Калбагаева Э.О. Энергоэффективность существующего жилого фонда // Материалы междунар. науч.-практ. конф. — Казахстан, 2019. — С. 345–349.

- 3 Мамедов Т.С., Гюльмамедова Ш.А. Перспективные декоративные растения для создания композиции на Апшероне // Scientific Journal «Science Rise: Biological Sciences». — 2016. — № 2 (2). — С. 34–40.
- 4 Табунщиков Ю.А., Бородач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. — 201 с.
- 5 Тимофеев С.В., Селютин Л.Г. Анализ зарубежного опыта развития и использования технологий информационного моделирования в строительстве // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. — Томск, 2015. — С. 324–329.
- 6 Aliyev F. Azerbaijan's Renewable Energy Potential. — LAP Lambert Academic Publishing, 2015. — 172 p.
- 7 Aliyev F., Salamov O. Prospects for jointly using solar and wind energy for heat supply and hot water supply to private houses under the conditions of Baku // Applied Solar Energy. — 2013. — Vol. 49. — P. 165–173.
- 8 Castleton H.F., Stovin V.S., Beck J.B.M., Davison B. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit // Energy and Buildings. — 2010. — Vol. 42. — Iss. 10, October. — P. 582–591.
- 9 Charles Xie, Corey Schimpf, Jie Chao et al. Learning and Teaching Engineering Design through Modeling and Simulation on a CAD Platform // Computer Applications in Engineering Education. — 2018. — № 26 (4). — P. 824–840.
- 10 Mentens J., Raes D., Hermy M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century // Landscape and Urban Planning. — 2006. — № 77. — P. 217–226.
- 11 Əbdülrəhimov R.H. Davamlı memarlığın inkişaf prinsipləri // «Memar» jurnalı. — Baki, 2015. — № 8. — С. 54–32.
- 12 Əbdülrəhimov R.H. Memarlıq Fizikası. Dərslik. — Baki, «Təhsil işçisi mətbəəsi» MMC, 2015. — 287 s.
- 13 Qasimov A.T. Azərbaycanı memarlıq klimatologiyası. — Baki, «Təhsil» NPM, 2009. — 250 s.
- 14 Электронный ресурс. — URL: <https://www.euneighbours.eu/en> (дата обращения: 22.10.2019).
- 15 Электронный ресурс. — URL: <https://1news.az/news/v-sumgayte-poyavilis-pervye-energoberegayuschie-zdaniya> (дата обращения: 18.11.2019).

References

- 1 Inzhenernoe oborudovanie vysotnyh zdaniy / Pod obshch. red. M. M. Brodacha. — 2-e izd., ispr. i dop. — M.: AVOK-PRESS, 2011. — 457 s.
- 2 Kalbagaeva E. O. Energoeffektivnost' sushchestvuyushchego zhilogo fonda // Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. — Kazahstan, 2019. — S. 345–349.
- 3 Mamedov T. S., Gyul'mamedova Sh. A. Perspektivnye dekorativnye rasteniya dlya sozdaniya kompozitsii na Apsherone // Scientific Journal «Science Rise: Biological Science». — 2016. — № 2 (2). — P. 34–40.
- 4 Tabunshchikov Yu. A., Borodach M. M., Shilkin N. V. Energoeffektivnye zdaniya. — M.: AVOK-PRESS, 2003. — 201 s.
- 5 Timofeev S. V., Selyutina L. G. Analiz zarubezhnogo opyta razvitiya i ispol'zovaniya tekhnologiy informacionnogo modelirovaniya v stroitel'stve // Problemy ekonomiki i upravleniya stroitel'stvom v usloviyakh ekologicheskoi orienirovannogo razvitiya: materialy II Vseros. nauch.-prakt. konf. — Tomsk, 2015. — S. 324–329.
- 6 Aliyev F. Azerbaijan's Renewable Energy Potential. — LAP Lambert Academic Publishing, 2015. — 172 p.
- 7 Aliyev F., Salamov O. Prospects for jointly using solar and wind energy for heat supply and hot water supply to private houses under the conditions of Baku // Applied Solar Energy. — 2013. — Vol. 49. — P. 165–173.
- 8 Castleton H. F., Stovin V. S., Beck J. B. M., Davison B. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit // Energy and Buildings. — 2010. — Vol. 42. — Iss. 10, October. — P. 582–591.
- 9 Charles Xie, Corey Schimpf, Jie Chao et al. Learning and Teaching Engineering Design through Modeling and Simulation on a CAD Platform // Computer Applications in Engineering Education. — 2018. — № 26 (4). — P. 824–840.
- 10 Mentens J., Raes D., Hermy M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century // Landscape and Urban Planning. — 2006. — № 77. — P. 217–226.
- 11 Əbdülrəhimov R. H. Davamlı memarlığın inkişaf prinsipləri // «Memar» jurnalı. — Baki, 2015. — № 8. — C. 54–32.
- 12 Əbdülrəhimov R. H. Memarlıq Fizikası. Dərslik. — Baki, «Təhsil işçisi mətbəəsi» MMC, 2015. — 287 s.
- 13 Qasimov A. T. Azərbaycanca memarlıq klimatologiyası. — Baki, «Təhsil» NPM, 2009. — 250 s.
- 14 Elektronnyj resurs. — URL: <https://www.euneighbours.eu/en> (data obrashcheniya: 22.10.2019).
- 15 Elektronnyj resurs. — URL: <https://1news.az/news/v-sumgayyte-poyavilis-pervye-energo-sberegayushchie-zdaniya> (data obrashcheniya: 18.11.2019).

Aygul Kerimova

Doctoral Candidate at the Department «Architectural design and urban planning». Azerbaijan University of Architecture and Construction, Azerbaijan
e-mail: aygulkerimova10@gmail.com

Статья поступила в редакцию в октябре 2019 г.

Опубликована в декабре 2019 г.