

УДК 69.032.22:658.512.4

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИСОТНОГО БУДІВНИЦТВА

ЗАЯЦЬ Є. І.^{1*}, к.т.н., доц.

^{1*} Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: zei83dici@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Анотація. Мета. Сьогодні висотне будівництво одержало достатній розвиток в Україні. Висотні будівлі стають невід'ємними елементами великих міст. Зі зведенням висотних будівель змінилися обриси міських кварталів і мікрорайонів, з'явилися нові висотні доміанти, перетворюється організація простору як усередині висотних будівель, так і в межах району забудови. Інтерес до будівництва висотних будівель викликаний, насамперед, економічними міркуваннями. З точки зору інвестора, збільшення на земельній ділянці кількості квадратних метрів вигідно, а тому й вигідно будівництво висотних будівель. Але слід зазначити, що чим будівля вища, тим вона дорожча в експлуатації. Ця проблема набуває особливої актуальності в світлі житлово-комунальної реформи. Крім того, існує думка, що висотні будівлі є неекологічними, для будівництва і функціонування яких потрібно в три рази більше енергії і матеріальних ресурсів, ніж для багатоповерхових будівель. Таким чином, одним з актуальних питань висотного будівництва є екологізація висотних будівель. **Методика.** Розглянуті технологічні рішення з екологізації висотного будівництва дозволяють найбільш ефективно використовувати природні ресурси і умови без порушення якості природного середовища. **Результати.** Визначено основні цілі проектування і будівництва екологічних висотних будівель. Систематизовано основні чинники, які потрібно враховувати при проведенні оцінки впливу висотних будівель на навколишнє середовище. Розглянуто принципи проектування екологічних висотних будівель. **Наукова новизна.** Запропоновані технологічні рішення з екологізації висотного будівництва засновані на ідеї доцільного використання природних ресурсів та мінімізації негативних впливів урбанізації на навколишнє середовище, принципах ресурсозбереження та енергозбереження. **Практична значимість.** Застосування екологічного підходу при проектуванні, будівництві та експлуатації висотних будівель дозволить створити високотехнологічні екокомплекси, що відповідають високим споживчим якостям.

Ключові слова: висотне будівництво; висотна будівля; технологічне рішення; екологізація; енергоефективна будівля

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЭКОЛОГИЗАЦИИ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ЗАЯЦЬ Е. И.^{1*}, к.т.н., доц.

^{1*} Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: zei83dici@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Аннотация. Цель. Сегодня высотное строительство получило достаточное развитие в Украине. Высотные здания становятся неотъемлемыми элементами крупных городов. С возведением высотных зданий изменились очертания городских кварталов и микрорайонов, появились новые высотные доминанты, преобразовывается организация пространства как внутри высотных зданий, так и в пределах района застройки. Интерес к строительству высотных зданий вызван, прежде всего, экономическими соображениями. С точки зрения инвестора, увеличение на земельном участке количества квадратных метров выгодно, а потому и выгодно строительство высотных зданий. Но следует отметить, что чем здание выше, тем она дороже в эксплуатации. Эта проблема приобретает особую актуальность в свете жилищно-коммунальной реформы. Кроме того, существует мнение, что высотные здания являются неэкологичными, для строительства и функционирования которых требуется в три раза больше энергии и материальных ресурсов, чем для многоэтажных зданий. Таким образом, одним из актуальных вопросов высотного строительства является экологизация высотных зданий. **Методика.** Рассмотренные технологические решения по экологизации высотного строительства позволяют наиболее эффективно использовать природные ресурсы и условия без нарушения качества природной среды. **Результаты.** Определены основные цели проектирования и строительства современных высотных зданий. Систематизированы основные факторы, которые нужно учитывать при проведении оценки влияния высотных зданий на окружающую среду. Рассмотрены принципы проектирования экологических высотных зданий. **Научная новизна.** Предложенные технологические решения по экологизации высотного строительства основаны на идее целесообразного использования природных ресурсов и минимизации отрицательных воздействий урбанизации на окружающую среду, принципах ресурсосбережения и энергосбережения. **Практическая значимость.** Применение экологического подхода при проектировании, строительстве и эксплуатации высотных зданий позволит создать высокотехнологичные экокомплексы, которые отвечают высоким потребительским качествам.

Ключевые слова: высотное строительство; высотное здание; технологическое решение; экологизация; энергоэффективное здание

TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR THE ECOLOGIZATION OF HIGH-RISE CONSTRUCTION

ZAIATS I. I.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*

^{1*} Department of materials science, State Higher Educational Establishment «Pridneprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-39-56, e-mail: zei83dici@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Abstract. Purpose. Today, high-rise construction has been developing in Ukraine. High-rise buildings have become integral parts of large cities. With the construction of high-rise buildings has changed the shape of urban neighborhoods and districts, there are new high-rise dominants, transformed the organization of space within high-rise buildings and within the building area. Interest in the construction of high-rise buildings caused primarily by economic considerations. From the point of view of an investor, the increase on the land plot of the number of square meters is profitable, and therefore benefits from the construction of high-rise buildings. But it should be noted that the building above, so it is more expensive to operate. This issue is of particular relevance in light of the housing and utilities reform. In addition, there is a perception that tall buildings are environmentally unfriendly, for the construction and functioning of which requires three times more energy and material resources than multi-storey buildings. Thus, one of the topical issues of high-rise construction is the greening of high-rise buildings. **Methodology.** Technological decisions for the ecologization of high-rise construction allow the most efficient use of natural resources and conditions without disturbing the quality of the natural environment. **Findings.** Defined the main objectives of the design and construction of modern high-rise buildings. Systematized the main factors that must be considered when evaluating the impact of high-rise buildings on the environment. The principles of design of ecological high-rise buildings. **Originality.** Technological decisions for the ecologization of high-rise construction based on the idea of rational use of natural resources and minimize negative impacts of urbanization on the environment, the principles of resource and energy conservation. **Practical value.** The application of the ecological approach in the design, construction and operation of high-rise buildings will create high-tech ecocomplex that meet the high consumer qualities.

Key words: high-rise construction; high-rise building; technological decision; ecologization; energy efficient building

Постановка проблеми

Сьогодні висотне будівництво одержало достатній розвиток в Україні. Висотні будівлі стають невід'ємними елементами великих міст. Зі зведенням висотних будівель змінилися обриси міських кварталів і мікрорайонів, з'явилися нові висотні доміанти, перетворюється організація простору як усередині висотних будівель, так і в межах району забудови [4].

Інтерес до будівництва висотних будівель викликаний, насамперед, економічними міркуваннями. З точки зору інвестора, збільшення на земельній ділянці кількості квадратних метрів вигідно, а тому й вигідно будівництво висотних будівель. Але слід зазначити, що чим будівля вища, тим вона дорожча в експлуатації. Ця проблема набуває особливої актуальності в світлі житлово-комунальної реформи [2].

Крім того, існує думка, що висотні будівлі є неекологічними, для будівництва і функціонування яких потрібно в три рази більше енергії і матеріальних ресурсів, ніж для багатопверхових будівель [3; 6; 8].

Таким чином, одним з актуальних питань висотного будівництва є екологізація висотних будівель.

Аналіз досліджень та публікацій

В Україні зовсім недавно почалося будівництво будівель висотою понад 73,5 м, тому разом із дослідженням містобудівних, конструктивних, інженерних, технологічних рішень, необхідний аналіз екологічних аспектів зведення та експлуатації висотних будівель [11; 12; 13].

Орієнтація на будівництво екологічних будівель, у тому числі висотних будівель, обумовлена ситуацією, що склалася в Україні:

- дефіцит житла з високими споживчими якістьми і критичний стан житлово-комунального господарства у великих містах;
- наявність наукового потенціалу для створення високотехнологічних екокомплексів [7; 10].

Мета статті

Метою цієї статті є аналіз складових проблеми екологічної безпеки цивільних об'єктів, що є актуальною для сучасних висотних будівель.

Виклад матеріалу

Під екологізацією розуміється впровадження технологічних та інших рішень, що дозволяють найбільш ефективно використовувати природні ресурси і умови без порушення якості природного середовища.

Метою екологізації є максимально досягти при даному рівні технічного розвитку використання

речовини та енергії на будь-якому етапі ресурсного циклу.

В основі екологізації лежить ресурсозбереження, засноване на передових технологіях, застосуванні обладнання для очищення промислових стоків і пилогазових викидів з подальшою утилізацією вилучених речовин, знешкодження та знезараження шкідливих компонентів, а також використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів.

В основі екологічного підходу до проектування висотних будівель знаходиться ідея доцільного використання природних ресурсів та мінімізації негативних впливів урбанізації на навколишнє середовище. На його виникнення вплинула зміна парадигми: ставлення до природних ресурсів як до чогось нескінченного суперечить здоровому глузду. Використання природних матеріалів та джерел енергії при проектуванні і будівництві висотних будівель призвело до виникнення ряду нових явищ в рамках екологічного підходу, таких як розумний будинок, пасивний будинок тощо.

Для оцінки екологічної ефективності будівель розроблені кілька систем оціночної сертифікації:

– система всебічної оцінки екологічної ефективності будівель – CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), яка приділяє основну увагу ефективності енергоспоживання та боротьбі з локальним перегрівом існуючих споруд; застосування CASBEE дозволяє поліпшити якість архітектури та внутрішнього середовища, знижуючи при цьому споживання енергії;

– в США впроваджена система лідерства в енергетичному та екологічному дизайні – LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Це незалежна система сертифікації, широко використовується для оцінки ефективності проектування, зведення та обслуговування високоекологічних будівель, яка дозволяє швидко визначити реальний вплив зовнішніх факторів на експлуатаційну ефективність будівлі. Система LEED пропонує комплексний підхід до екологічної оцінки споруд з точки зору п'яти ключових критеріїв: екостійкий розвиток ділянки, ефективність водо- і енергокористування, вибір матеріалів і екологічність внутрішніх приміщень;

– британська методика екологічної оцінки BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) також встановлює передові стандарти екостійкого проектування і систему параметрів, що дозволяють описати екологічну ефективність будівлі;

– в Абу-Дабі прийнята і пристосована до умов Близького Сходу система рейтингової сертифікації ESTIDAMA, яка базується на чотирьох основних критеріях: екологія, економіка, соціум і культура. У ній велика увага приділяється економному водокористуванню, що актуально в умовах посушливого клімату [9; 10].

Таким чином, ненанесення шкоди природному середовищу, формування екологічно стійкого

середовища – це головні умови при проектуванні висотних будівель.

Проектування і будівництво екологічних висотних будівель переслідує кілька цілей:

– повне забезпечення власних потреб в електриці, опаленні і кондиціонуванні;

– мінімальна залежність від зовнішніх систем каналізації;

– максимальна утилізація відходів життєдіяльності людей;

– мінімальна залежність від необхідності підключення до дротяних телекомунікаційних і інших ліній зв'язку;

– максимальне зниження витрат на обслуговування будівлі;

– мінімальна залежність від будь-яких зовнішніх комунікацій.

При проведенні оцінки впливу висотних будівель на навколишнє середовище враховуються:

– споживання надлишкової кількості енергії;

– візуальний вплив;

– транспортні проблеми (пробки, перевантаження громадського транспорту);

– проблеми збирання та вивезення сміття;

– вплив на водопровідну систему, каналізацію, в тому числі проблеми при відведенні зливових вод;

– величезна кількість використовуваних при будівництві та експлуатації ресурсів;

– затінення великої території;

– вплив на соціальну сферу, провокування соціальних конфліктів;

– погіршення якості життя в прилеглих районах;

– негативний вплив на здоров'я працюючих в будівлі людей;

– вразливість під час землетрусів;

– питання безпеки (пожежної, терористичної та ін.).

Можна виділити такі принципи формування екологічних висотних будівель:

– принцип інтеграції: обсяг будинку повинен імплантуватися в задану місцевість за допомогою біотичного компонента, екологічно об'єднаного з територією, наприклад, через озеленені пандуси, тераси, покрівлі, розвиваються горизонтальні і вертикальні зв'язки між висотними будівлями і навколишнім ландшафтом;

– принцип екоімітації: подібно натуральній екосистемі, висотна будівля має утилізувати відходи, що виробляються в межах власної системи, наприклад, використання системи очищення і рециркуляції технічної дощової води;

– принцип трансформації: будівля має бути універсальною і легкотрансформованою під потрібну функцію;

– принцип доступності природного навколишнього середовища: будівлі необхідно об'єднувати мешканців із навколишнім природним середовищем за допомогою обширних терас, рослинності, природного мікроклімату;

– принцип низького енергоспоживання: комфортний внутрішній мікроклімат можна сформувати за допомогою взаємодії архітектурних форм із зовнішніми кліматичними умовами, наприклад, передбачати максимально можливе природне освітлення, створювати умови для природної вентиляції, підтримувати сприятливий тепловий режим, суміщати конструктивні елементи будівлі з установками, які утилізують поновлювані джерела енергії [1; 5; 7].

Одним із шляхів зниження експлуатаційних витрат є будівництво енергоефективних висотних будівель. Енергоефективними називаються такі будівлі, при проектуванні яких був передбачений комплекс архітектурних та інженерних заходів, що забезпечують істотне зниження витрат енергії на тепlopостачання цих будинків при одночасному підвищенні комфортності мікроклімату в приміщеннях. Методологія проектування енергоефективної висотної будівлі ґрунтується на системному аналізі будівлі як єдиної енергетичної системи. Подання енергоефективної висотної будівлі як суми незалежних інноваційних рішень порушує принципи системності та призводить до втрати енергетичної ефективності проекту.

У енергоефективних будинках економічний ефект досягається, головним чином, за рахунок використання відновлюваних джерел енергії (енергії сонця, вітру, теплової енергії землі тощо); скорочення витрати електроенергії, води, газу, твердого палива; застосування безвідходних або маловідходних інженерних технологій [7; 10].

До числа проектів найбільш екологічних висотних будівель можна віднести наступні:

– The Bahrain World Trade Center Towers (Бахрейн) – екологічність цієї висотної будівлі базується на виробленні електроенергії за допомогою вітрогенераторів, форма будівлі дозволяє створювати прискорені потоки повітря для гігантських лопатей турбін;

– The Pearl River Tower (Гуанчжоу, Китай) – 69-поверхова будівля висотою 300 м задумана як будівля нульової енергії – вона не буде споживати електрику із зовнішньої мережі. Електроенергія буде вироблятися за рахунок сонячної енергії та енергії вітру. Також буде виконано спеціальне подвійне скління південного фасаду (з вентиляцією між стекол), що сприяє зниженню нагріву будівлі. У будівлі планується встановити автоматичні жалюзі, що повертаються на потрібний кут у міру подорожі Сонця по небу і відкриваються в похмуру погоду для збільшення природного освітлення приміщень. Це знизить витрати на кондиціонування. Крім фотоелектричних панелей тут змонтовані і сонячні теплові колектори, що нагрівають воду для мешканців хмарочоса;

– Bank of America Tower (Нью-Йорк, США) – в будівлі будуть величезні вікна і скляні стіни, що допомагають заощадити на рахунках за світло. На даху розміщені збирачі дошової води, яка буде

змішуватися з уже використаною, а також з конденсатом. Підігрів буде здійснюватися за допомогою гарячого повітря під підлогою. Біля входу розташована стоянка для велосипедів, яка дозволить мешканцям використовувати самий екологічний вид транспорту. При цьому автостоянки в будівлі не буде;

– The Lighthouse Tower (Дубай, ОАЕ) – для отримання електрики планується використовувати 4000 фотогальванічних панелей, розташованих на південному фасаді будівлі. Спільно з трьома мегатурбінами вони будуть забезпечувати потреби будівлі в електриці;

– The CIS Tower (Манчестер, Велика Британія) – стіни 25-поверхового висотного будинку облицьовані сонячними батареями, майстерно замаскованими під опоряджувальні панелі. В даний час сонячні батареї, що закривають повністю три сторони одного з технічних корпусів офісного комплексу, показують здатність виробляти до 180 МВт·год електроенергії на рік, чого достатньо для роботи приблизно 1000 комп'ютерів.

– The Burj al-Taqa (Дубай, ОАЕ) – у висотній будівлі використовується не тільки сонячне світло, але й вітряки. На даху будівлі встановлена величезна 61-метрова турбіна, що обертається вітром. На даху і на стінах розташовуються сонячні панелі загальною площею близько 15 тис. м². Будівля оснащена спеціальним захистом від сонця і відбивними скляними панелями, які зменшують нагрів приміщень і необхідність в їх кондиціонуванні. Для кондиціонування використовується конвекційна система, що проганяє повітря знизу вгору по всій башті, для охолодження використовуватиметься морська вода і підземні охолоджуючі модулі. У підсумку температура повітря в будівлі буде знаходитися в межах комфортних +18 °С.

– Waugh Thistleton Residential Tower (Лондон, Велика Британія) – в будівлі використовується гвинтова вітряна турбінна технологія. У чотирьох турбін, прикріплених до однієї сторони вежі, є потенціал для виробництва до 40 тис. кВт/рік, що на 15 % більше потреб самої будівлі [1; 2; 6].

Висновки

В зв'язку з тим, що існуючі міста, квартали, окремі будівлі та інженерні споруди в переважній більшості неекологічні, для формування стійкого середовища життя потрібні реконструкція міст і реставрація ландшафтів на основі екологічних законів і принципів екологізації.

Містобудівні питання слід вирішувати, беручи до уваги проблеми збереження або екологічного перетворення ландшафту з урахуванням охорони природних ресурсів території, призначаючи урбоекотлогічні заходи для збереження, відновлення і поліпшення природи. До таких заходів відносяться: створення просторового екологічного каркасу розселення і стабільних екосистем з самоадаптацією, розробка природоохоронних і гігієнічних заходів,

екологічна компенсація інженерно-технічними засобами; підтримання екологічно обгрунтованого співвідношення освоєних і природних територій.

При новому будівництві, в тому числі висотному, слід застосовувати технологічні рішення, що дозволяють створити максимально можливі поверхні природного субстрату для вертикального і горизонтального озеленення. Природні технології (вентиляції, освітлення, кондиціювання, очищення та ін.), які не потребують витрат енергії, повинні знайти широке застосування у висотних будівлях. Потрібно вдосконалювати установки, які базуються на природних технологіях, щоб вони не погіршували візуальне сприйняття висотних будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Бижко, Е. В. Биоклиматические высотные здания Кен Янга – пример устойчивой архитектуры [Электронный ресурс] / Е. В. Бижко. – Режим доступа: <http://eprints.kname.edu.ua/31064/1/66.pdf>. – Загл. с экрана. – Проверено: 23.03.2015.

Bizhko Ye.V. Bioklimaticheskie vysotnye zdaniya Ken Yanga – primer ustoychivoy arkhitektury (Bioclimatic high-rise buildings Ken Yang – an example of sustainable architecture). Available at: <http://eprints.kname.edu.ua/31064/1/66.pdf> (Accessed 23 March 2015).

2. Гончаренко, Д. Ф. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий / Гончаренко Д.Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. – К.: А+С, 2013. – 128 с.

Goncharenko D. F., Karpenko Yu. V., Meersdorf E. I. Vozvedenie mnogoetazhnykh karkasno-monolitnykh zdaniy [The construction of multi-storey frame-monolithic buildings]. Kyiv, A+S Publ., 2013. 128 p.

3. Ивакин, А. Минск набирает высоту / А. Ивакин, В. Чурилов // Высотные здания. – 2008. – № 5. – С. 52-55.

Ivakin A., Churilov V. Minsk nabiraet vysotu [Minsk gains height]. Vysotnye zdaniya – Tall buildings, 2008, no. 5, pp. 52-55.

4. Ковальський, Л. М. Архітектурне проектування висотних будинків / Л. М. Ковальський, Г. В. Кузьміна, Г.Л. Ковальська. – К.: КНУБА, 2009. – 121 с.

Kovalskiy L. M., Kuzmina G. V., Kovalska H. L. Arkhitekturne proektuvannya vysotnykh budynkiv [Architectural design of skyscrapers]. Kyiv, KNUBA Publ., 2009. 121 p.

5. Коробкин, В. И. Экология / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 602 с.

Korobkin V. I., Peredelskiy L. V. Ekologiya [Ecology]. Rostov-na-Donu, Feniks Publ., 2008. 602 p.

6. Маклакова, Т. Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: монография / Т. Г. Маклакова. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 160 с.

Maklakova T. G. Vysotnye zdaniya. Gradostroitelnye i arkhitekturno-konstruktivnye problemy proektirovaniya: monografiya [High-rise buildings. Urban planning and architectural design issues]. Moscow, ASV Publ., 2008. 160 p.

Екологічні висотні будівлі окупають себе швидше, ніж традиційні висотні будівлі [7; 12].

Екологічна висотна будівля, що виробляє електроенергію, наприклад, за рахунок вітрогенераторів або сонячних панелей, більш безпечна. У разі непередбаченого відключення електроенергії частина комунікацій висотної будівлі, наприклад, ліфти, системи аварійного пожежогасіння тощо, зможуть працювати автономно.

Люди, що працюють або живуть в екологічній висотній будівлі, можуть відчувати себе в ній більш впевнено, безпечно і комфортно.

7. Тетиор, А. Н. Городская экология / А. Н. Тетиор. – М.: Академия, 2007. – 330 с.

Tetior A. N. Gorodskaya ekologiya [Urban ecology]. Moscow, Akademiya Publ., 2007. 330 p.

8. Торкатюк, В. И. Строительство многоэтажных каркасных зданий / Торкатюк В. И., Соколовский С. Н., Покрасенко Л. Н. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.

Torkatyuk V. I., Sokolovskiy S. N., Pokrasenko L. N. Stroitelstvo mnogoetazhnykh karkasnykh zdaniy [Construction of multistoried frame buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989. 368 p.

9. Фади, Д. Токио – Москва: освоение пространств [Электронный ресурс] / Д. Фади // Высотные здания. – 2013. – Режим доступа: <http://tallbuildings.ru/ru/tokio-moskva-osvoenie-prostranstv>. – Загл. с экрана. – Проверено: 23.03.2015.

Fadi D. Tokio – Moskva: osvoenie prostranstv [Tokyo – Moscow: the development of spaces]. Vysotnye zdaniya – Tall buildings, 2013. Available at: <http://tallbuildings.ru/ru/tokio-moskva-osvoenie-prostranstv> (Accessed 23 March 2015).

10. Развитие экологического жилья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ecoteco.ru/id564/. – Загл. с экрана. – Проверено: 23.03.2015.

Razvitie ekologicheskogo zhilya [Development of ecological housing]. Available at: www.ecoteco.ru/id564/ (Accessed 23 March 2015).

11. Mir, M. A. Evolution of concrete skyscrapers: from Ingalls to Jinmao / V.A. Mir // Electronic Journal of Structural Engineering. – 2001. – Vol. 1. – № 1. – P. 2-14.

Mir M. A. Evolution of concrete skyscrapers: from Ingalls to Jinmao. Electronic Journal of Structural Engineering, 2001, vol. 1, no. 1, pp. 2-14.

12. Richard, L. Urban construction project management / L. Richard, J. Eschemuller. – N.Y.: McGraw-Hill, 2008. – 480 p.

Richard L., Eschemuller J. Urban construction project management. N.Y., McGraw-Hill Publ., 2008. 480 p.

13. System of project multicriteria decision synthesis in construction / V. Sarka, E.K. Zavadskas, L. Ustinovicus, E. Sarkiene, C. Ignatavicius // Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability. – 2008. – Vol. 14, № 4. – P. 546-565.

Sarka V., Zavadskas E.K., Ustinovicus L., Sarkiene E., Ignatavicius C. System of project multicriteria decision synthesis in construction. Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability, 2008, vol. 14, no. 4, pp. 546-565.

Стаття рекомендована до публікації д-ром техн. наук, проф. Т. С. Кравчуновською; д-ром техн. наук, проф. І. В. Трифономим.

Стаття надійшла до редколегії: 27.03.2015.