

УДК 728.1

Ладо Бениаидзе

*Студ. 6 курсу каф. теорії архітектури КНУБА,**[be\\_nno@yahoo.com](mailto:be_nno@yahoo.com)**orcid.org /0000-0002-8963-0898***Хараборська Ю. О.***Кан арх., доц. каф. теорії архітектури КНУБА,**[yliia.haraborska52@gmail.com](mailto:yliia.haraborska52@gmail.com)**orcid.org /0000-0002-0308-1753*

## РОЗВИТОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА СЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХОВОСТІ

Анотація: у статті аналізується історичний і сучасний досвід проектування і будівництва енергоефективного житла, розказано про актуальність енергоефективних житлових будинків, а також про роль такої забудови. Описані основні принципи проектування енергоефективних будівель.

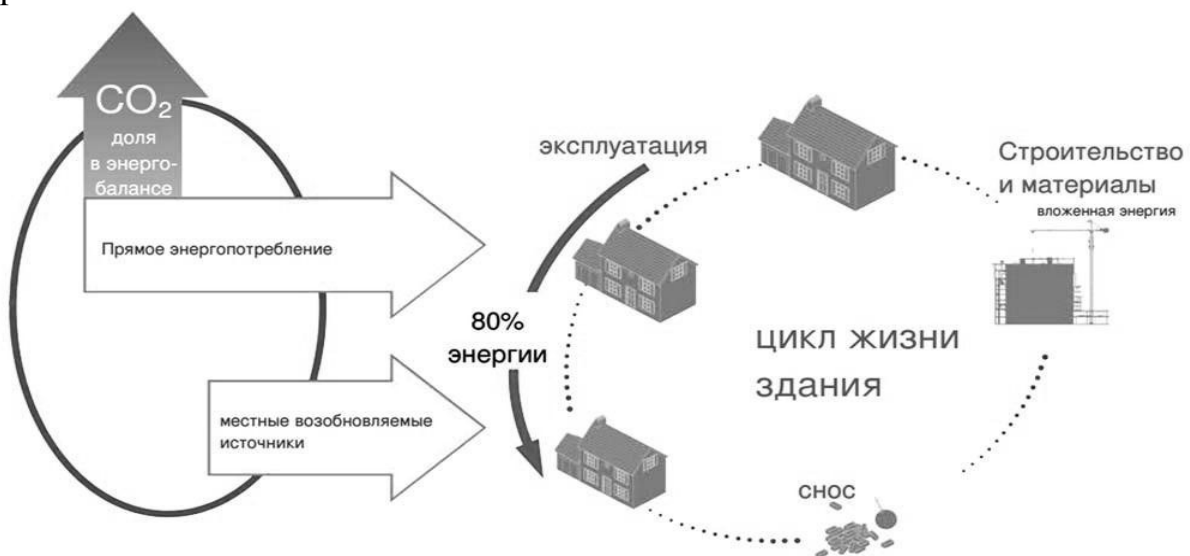
Ключові слова: архітектура, енергоефективні будівлі, енергозбереження, енергоефективні технології

У всьому світі на житлові будинки припадає досить високий рівень енергоспоживання (40% від світового показника), а також рівень викидів парникових газів в атмосферу значно перевищує викиди від усіх транспортних засобів разом узятих. Існують великі можливості зниження енергоспоживання будівлями з меншими затратами і з більшим прибутком. Ці зниження є основною метою Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), яка полягає в зменшенні викидів вуглецю в світі на 77% проти прогнозованих даних на 2050 рік для досягнення стабілізованого рівня CO<sub>2</sub>, передбаченого Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (МГЕЗК). Важливою складовою у вирішенні цього завдання, вважають експерти МЕА, повинен стати перехід від будівництва звичайних будинків до будівництва енергоефективних житлових і громадських будівель. Найбільшу увагу експертів приділено проектуванню та будівництву енергоефективних багатоквартирних будинків по всьому світу.

Енергоефективний будинок - це будинок, який не тільки не залежить від зовнішніх комунікацій, але, в принципі, може і сам служити джерелом енергії. Це стає можливим завдяки раціональному використанню джерел тепла і енергії самого будинку і території навколо нього [1]. Проектування енергоефективного будинку - це комплексна робота, враховує різноманітний підхід, раціональний вибір теплозахисту огорожувальних конструкцій, вибір

інженерного обладнання і ефективність використання поновлюваних джерел енергії.

Одна з найважливіших складових проектування такого будинку - забезпечення екологічного та ефективного життєвого циклу будівлі (Мал. 1), тобто такий будинок спочатку має бути розрахований на певний термін експлуатації, бути найбільш енергетично ефективним протягом даного терміну, і бути безпечно знесений, не завдаючи своїм руйнуванням шкоди навколишньому середовищу. Таким чином, життєвий цикл будівлі спочатку визначений, розрахований, і повинен бути забезпечений умовами експлуатації. Середній життєвий цикл для будівель середньої поверховості становить 30-40 років.



Мал. 1. Ефективне енергоспоживання при експлуатації будівлі - запорука успішного забезпечення його життєвого циклу (за матеріалами ВСПУР (WBCSD))

Сучасний досвід проектування і будівництва будівель такого типу бере початок в 70-80-х роках ХХ століття, коли були побудовані дві всесвітньо відомі будівлі, що вважаються першими енергоефективними будівлями сучасного типу. Одна з них - це будівля «ECONO-HOUSE», побудоване в 1973-1979 роках в місті Отаніємі, Фінляндія. У будівлі крім складного об'ємно-планувального рішення, що враховує особливості розташування і клімату, була застосована особлива система вентиляції, при якій повітря нагрівався за рахунок сонячної радіації, тепло якої акумулювалось спеціальними склопакетами і жалюзі. Пізніше доктор Вольфганг Файст, засновник «Інституту пасивного будинку» в Дармштадті (Німеччина), і професор Бо Адамсон з Лундського університету (Швеція) запропонували концепцію «пасивного будинку», яка набула поширення у багатьох проектах, в тому числі у відомому пасивного будинку в м. Дармштадті, побудованому в 1990 році.

Найбільш цікаві приклади сучасних енергоефективних будівель можна знайти в Канаді, Німеччині, Фінляндії, США, Китаї та ОАЕ. Як приклад можна привести забудову району Еко-Wiikki У Гельсінкі, Фінляндія (Мал. 2a) та проект нового будинку The Beaver Barracks Community Housing в Канаді (Мал. 2b).



Мал. 2a Житловий будинок Еко-Викки (Еко-Wiikki).

Мал. 2b. Житловий будинок The Beaver Barracks Community Housing.

Для умов Києва та інших великих міст України будинки такого типу мають велике значення. Багатоквартирні будинки середньої поверховості надають багато можливостей для підвищення енергозбереження. Перш за все, це пов'язано з компактністю планувань квартир і використанням громадських просторів (для можливого розташування в них зимових садів або теплиць), а також з використанням прибудинкової території. Варто особливо відзначити, що в будинках такого типу можна максимально ефективно використовувати замкнуту термічну (теплоізоляційну) оболонку, що охоплює комфортні зони [2]. Така оболонка включає в себе поліпшену теплоізоляцію стін, утеплення підвалу, покрівлі та інші заходи по створенню безперервного теплового контуру будівлі. У багатоквартирних будинках середньої поверховості за рахунок правильного співвідношення кількості і розмірів, особливостей конструкції світлових прорізів, орієнтованих на південну, південно-західну сторону, можна домогтися пасивного сонячного обігріву приміщень. Також ефективним є використання вікон з подвійним склінням або з заповненням інертним газом. Укупі із застосуванням системи природної вентиляції і кондиціонування такі будинки стають дійсно енергоефективними. Принцип блокування будівель також дозволяє зберігати тепло, але вже на містобудівному рівні.

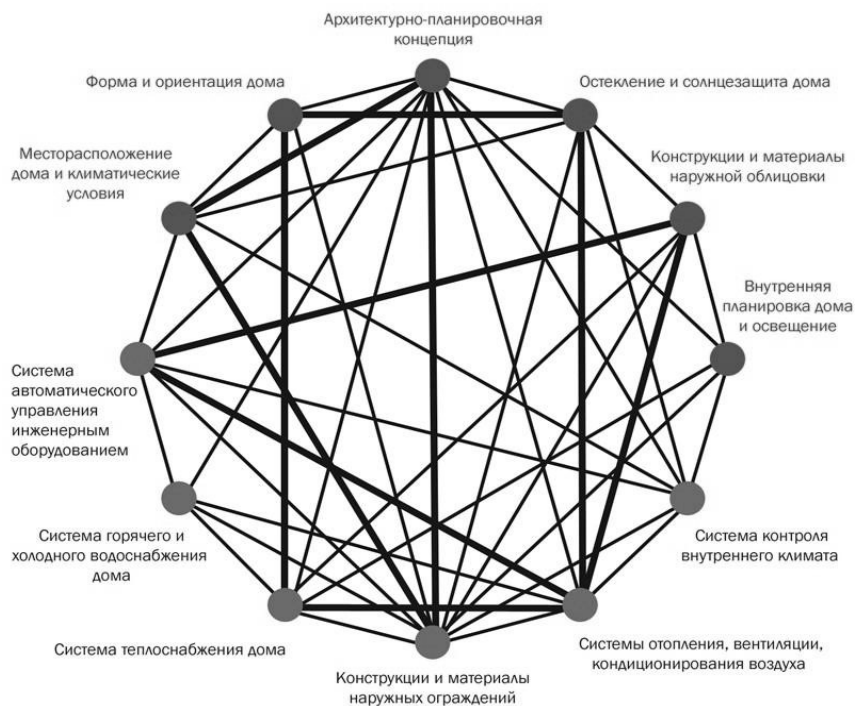
Що до інженерних рішень, які можна ефективно застосовувати в багатоквартирних будинках, згадаємо такі: застосування теплових насосів в системі гарячого водопостачання, застосування рекуператорів тепла в системі

центральної механічної вентиляції, а також застосування сонячних фотоелектричних установок для вироблення електричної енергії, і сонячних колекторів, що підігрівають воду для потреб опалення.

Комплексний підхід в проектуванні і в дослідженні енергетичних показників будівель, а також пошук правильних рішень оптимізації їх енергоефективності визначають рішення складних взаємопов'язаних завдань, які охоплюють три основні напрями [3]:

- організація мікроклімату приміщень будинку;
- мінімізація енергетичних витрат;
- економічність будівлі, раціональне витрачання матеріальних ресурсів.

Вибір оптимальної форми будівлі, його орієнтації і розташування, призначення площ світлових прорізів, управління мікрокліматом приміщень дозволяють зменшити негативний вплив клімату на тепловий баланс будівлі [3]. Взаємозв'язок основних архітектурних та інженерних рішень, які повинні враховуватися при проектуванні енергоефективного будинку, показана на мал. 3.



Мал. 3. Взаємозв'язок архітектурних та інженерних рішень в процесі проектування енергоефективного будинку

В Україні в 2017 році був прийнятий Закон про енергоефективність будівель, який визначає правові, соціально-економічні та організаційні основи діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель та спрямований на зменшення споживання енергії в будівлях. Цей закон визначає основні принципи державної політики України у цій сфері, а саме:

забезпечення належного рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до технічних регламентів, національних стандартів, норм і правил; стимулювання зменшення споживання енергії в будівлях; забезпечення скорочення викидів парникових газів в атмосферу; створення умов для залучення інвестицій з метою здійснення заходів щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель; забезпечення термомодернізації будівель, стимулювання використання поновлюваних джерел енергії; розробка і реалізація національного плану по збільшенню кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії.

На основі всього вище сказаного розроблені основні принципи проектування енергоефективного житлового будинку:

1) вибір енергозберігаючої форми будівлі і його правильна орієнтація по відношенню до сонця;

2) висока енергоефективність оболонки будівлі, тобто взаємозв'язок між конструктивними рішеннями дому та інженерними системами для досягнення високого рівня енергозбереження;

3) ефективна теплоізоляція будинку, конструювання без «мостів холоду»;

4) застосування енергоефективних конструктивних елементів і інженерних систем (стіни, які утримують тепло, ґрунтовий теплообмінник, система опалення, вентиляції, кондиціонування, подачі холодної і гарячої води і т.д.);

5) застосування механічної припливно-витяжної вентиляції для забезпечення нормального повітрообміну при установці герметичних енергоефективних вікон (подвійне застосування або вікна з заповненням інертним газом);

6) пасивне використання сонячної енергії (системи сонячного опалення, застосування термічної маси, використання «парникового» ефекту зимового саду для опалення будинку);

7) ефективна система контролю над інженерними системами (теплові лічильники і термостатичні вентиляції, лічильники гарячої води і т.д.);

8) комп'ютерна система управління і обліку тепло- і енергопостачання будинку, робота якої заснована на математичному моделюванні теплового балансу з урахуванням фактичного енергетичного впливу зовнішнього клімату і внутрішніх тепловиділень;

9) застосування інженерних систем використання і перетворення енергії поновлюваних джерел (теплові насоси, сонячні колектори, фотоелектричні установки, вітрові генератори, приливні ГЕС та ін.)

10) правильне планування ділянки будинку із застосуванням енергоефективних рішень (правильне використання рельєфу ділянки для збору

дощових вод, ефективне зонування ділянки, організація ділянки в гармонії з природним місцевістю і ін.).

Особлива увага при проектуванні житлових просторів енергоефективного багатоквартирного будинку приділена природному освітленню. Широка орієнтація будинку, велика площа скління південного фасаду, ліхтарі верхнього світла дозволяють при необхідності максимально ефективно «пропускати» сонячне світло всередину будинку. Спеціальні «сонячні пастки» з використанням матеріалів з високою відбивною здатністю розраховані на транспортування в житлові приміщення зимового сонця.

З точки зору містобудування - важливим методом підвищення енергоефективності будівлі при проектуванні є зміна його форми шляхом формування одного об'єкта з кількох блоків. Блокування дозволяє домогтися зменшення теплоспоживання будівлею внаслідок зменшення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій до 50%, матеріаломісткості будівництва - на 8-10%, площі території, що забудовується - на 30-40%, скорочення довжини комунікацій, під'їзних шляхів і т.д. [7]. У практиці проектування блокування будівель можливо як по горизонталі, так і по вертикалі.

Найбільшого ефекту можна досягти при збільшенні числа освітлених внутрішніх граней щодо кількості зблокованих об'єктів. Цей висновок наочно демонструє приклад блокування будівель зі створенням внутрішнього двору. При відкритому дворі забезпечується зменшення площі зовнішніх поверхонь блокованого будинку по відношенню до сумарної площі окремих об'єктів в 1,5 рази. Однак якщо внутрішній дворик перетворити в атриум, заклавши його зверху, то ефективність блокування може ще більше зрости, до 1,6, оскільки збільшується число внутрішніх граней [8].

Інженерне рішення таких будинків має ключове значення. У багатоквартирному будинку з великою кількістю приміщень, що мають різну орієнтацію, враховується нерівномірність впливу сонячного випромінювання, а також протилежний вплив (швидкість і напрям вітру) зовнішнього середовища. Тому опалювальна система цього будинку розділена на самостійні зони відповідно до орієнтації по сторонах світу (особливо на північну і південну). Ізольований тепловий контур будівлі насамперед забезпечує мінімальні теплові втрати будівлі, за рахунок ефективною ізоляції та енергоефективних вікон.

Буферні зони (мобільні житлові зони на південній стороні, теплиці) за рахунок механізму нагріву-тепловіддачі-охолодження дозволяють взимку економити електроенергію на опалення за рахунок власної теплової віддачі в житлові приміщення безпосередньо (тепловіддача стін) або через систему вентиляції між приміщеннями, а також через сходовий проліт всередині будівлі.

Взимку теплові віддачі походять від конструкцій перекриттів - збережене тепло влітку, а також від різних електроприладів використовується в системі підігріву підлоги. Важливу роль в пасивному опаленні будівлі грають віконниці-жалюзі (також можливе використання рафштор), які знижують теплові втрати через вікна на 70%.

Природна вентиляція здійснюється за рахунок охолодження буферних зон (мобільні житлові зони на південній стороні, теплиці) які влітку нагріваються вдень, охолоджуються вночі, не даючи нагріватися внутрішнім приміщенням. Вертикальна вентиляція, здійснювана через спеціальні регульовані отвори в конструкціях стін і перекриттів, дозволяє повітряним потокам переміщатися по всій будівлі, забезпечуючи охолодження і вентиляцію внутрішніх приміщень.

Також використовується система механічної вентиляції, що складається з двох систем провітрювання. Перша заснована на застосуванні пристроїв, які відкривають і закривають стулки вікна механічно (за допомогою електроприводу). Друга система передбачає застосування припливних пристроїв-клапанів, вбудованих в віконну конструкцію і забезпечують безперервний приплив свіжого повітря - так зване мікропровітрювання. Ця система дозволяє постачати приміщення повітрям з вулиці навіть при закритому вікні. Основа принципу дії пристроїв цієї групи - різниця руху повітряного потоку зовні і всередині будівлі, що виникає через вітер або внаслідок роботи природної витяжної вентиляції. При нормально функціонуючої в квартирі вентиляції клапан не дає повітрю застоюватися і позитивно діє на мікроклімат в приміщенні.

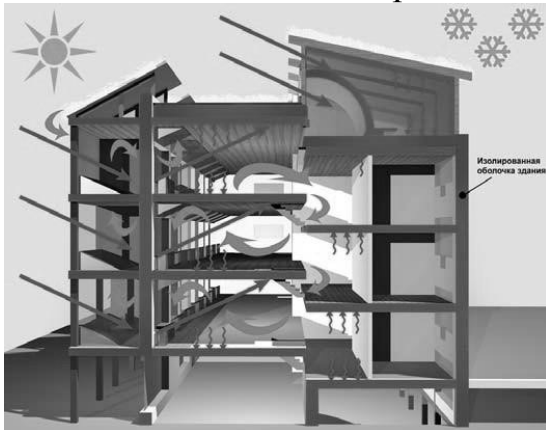
Кондиціонування поєднане з припливною вентиляцією. Повітря кондиціонує шляхом очищення в системі фільтрів різних конструкцій, підігрівається або охолоджується, зволожується або осушується і подається по системі повітроводів в приміщення. Застосовуються центральні кондиціонери. Від центральних кондиціонерів повітря подається в приміщення. Енергетична ефективність таких кондиціонерів - близько 70%.

Багатоквартирний будинок забезпечується рекуператорами тепла - спеціального кліматичного обладнання, яке дозволяє нагрівати припливне холодне повітря за рахунок тепла відпрацьованого повітря приміщень. Рекупераційні теплообмінники вбудовуються безпосередньо в вентиляційну систему. Енергетична ефективність теплообмінників досягає 60%.

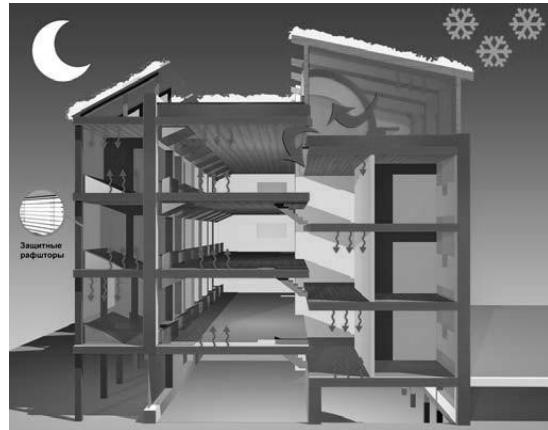
На мал. 4 графічно умовно показана робота систем опалення, вентиляції та кондиціонування в різні пори року[4].

При проектуванні енергоефективного житлового будинку можливо використовувати енергію поновлюваних джерел шляхом застосування

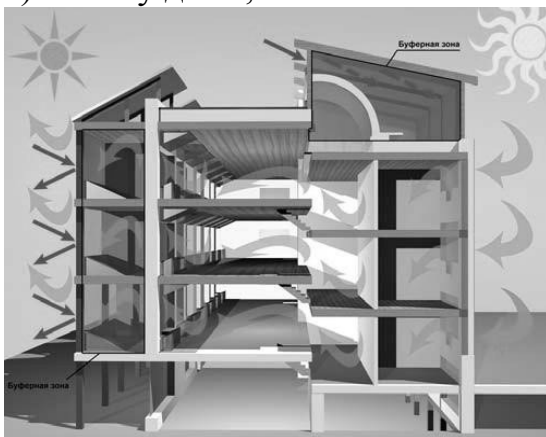
сонячних колекторів для підігріву води та геотермального ґрунтового теплового насоса для потреб системи опалення.



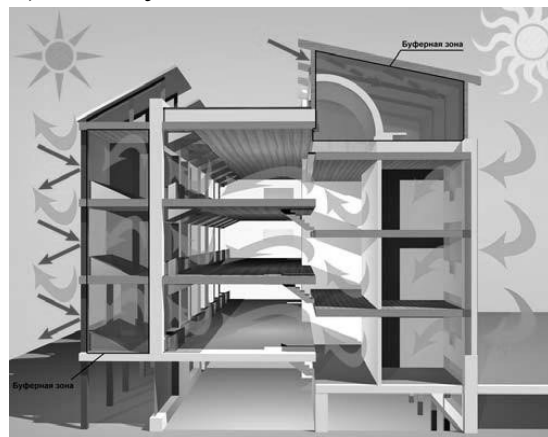
а) взимку днем;



б) взимку вночі;



с) влітку днем



д) влітку вночі

Мал. 4 Робота інженерних систем і архітектурних рішень, спрямованих на енергозбереження в будинку протягом року.

Проектування енергоефективних будівель - це складна комплексна робота багатьох фахівців, робота яких заснована на принципах максимального забезпечення енергоефективності, екологічності та економічної ефективності будівлі. У багатоквартирному будинку забезпечити такі критерії представляється часом більш можливим, ніж в малоповерховому будинку. З огляду на те, що власники квартир спільно управляють будинком, можливий більш раціональний і вигідний для всіх підхід до витрат енергії, води і т.н. [7].

На закінчення слід зазначити, що проектування енергоефективних будівель на сьогоднішній день є одним з найбільш пріоритетних у сучасній архітектурі.

#### Література

1. Автономный дом. Солнечные батареи. Ветрогенераторы. [Элек- тронный ресурс].Режим доступа: <http://www.sibdom.ru/publication/articles/36/698/>



2. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии. Дисс. канд. арх. наук / Московский архитектурный институт. М.: 2009.
3. Афинская хартия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://corbusier.totalarch.com/charte>.
4. Енергоактивні будівлі / Н. П. Селіванов, А. І. Мелуа, С. В. Зоколей та ін; Під ред. Е. В. Сарнацький і Н. П. Селіванова. - М.: Стройиздат, 1988. - 376с.
5. У. А. Бекман, С. А. Клейн, Дж.А.Даффі. Розрахунок сонячного теплопостачання. - М.: Енергоіздат, 1982. - 79 с.
6. Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологічної системи» № 1, січень 2004р, Бумаженко О.В.
7. [www.sciteclibrary.com](http://www.sciteclibrary.com) Аналітичні огляди «Енергоефективне будівництво», Жуков Д.Д., Лаврентьев Н.А. «Теплопостачання будинків з використанням систем утилізації сонячної енергії», д.т.н. В. С. Степанов, професор; к.т.н. І. І. Айзенберг, доцент; к.т.н. Є. Е. Баймачев (В якості вихідної інформації використані результати експериментів, проведених авторами в м. Іркутську на власній моделі сонячного колектора (рис. 2. Додаток 3).
8. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективное здание - симбиоз мастерства архитектора и инженера // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М.,2002. - №4. - С.22-23.

#### Аннотация

Ладо Бениаидзе, студент 6го курса каф. теории архитектуры КНУСА; Хараторская Ю.А., доц., канд.арх. каф. теории архитектуры КНУСА.

**Развитие энергоэффективного жилого строительства средней этажности.** В статье анализируется исторический и современный опыт проектирования и строительства энергоэффективного жилья, рассказано об актуальности энергоэффективных жилых домов, а также о роли такой застройки. Описываются основные принципы проектирования энергоэффективных зданий.

Ключевые слова: архитектура, энергоэффективные здания, энергосбережение, энергоэффективные технологии

#### Abstract

Student of the 6th year of the Department of Architecture Theory Lado Beniaidze; Associate Professor of the Department of Architecture Theory, Candidate of Architecture Haraborska Y. O.

#### **Development of energy efficient residential medium-storey buildings.**

In the article the historical and modern experience in the design and construction of energy-efficient housing is analyzed, as well as the relevance of presented types of buildings and the role of such development. The basic principles of designing energy-efficient buildings are described.

Keywords: architecture, energy efficient buildings, energy saving, energy efficient technologies.