

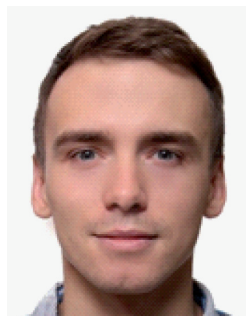


УДК 620.91+98



**ФАРЕНЮК Г.Г.**

Д-р технічних наук, директор, ДП "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", м. Київ, Україна, e-mail: farenjuk@ndibk.gov.ua, тел.: + 38 (044) 249-72-34, ORCID: 0000-0002-5703-3976



**ТИШКОВЕЦЬ А.В.**

Аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, e-mail: artemyshkovets@ukr.net, тел.: +38 (044) 204-82-50, ORCID: 0000-0001-6626-2677

## СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

### АНОТАЦІЯ

Підвищення енергоефективності будівель є загальною проблемою всіх країн, де необхідно здійснювати кліматизацію внутрішнього простору будівель житлового та громадського призначення. Проблема енергозбереження в будівлях стала світовою під час різкого зростання цін на енергоносії у 70-х роках минулого століття. Країни Західної Європи та Північної Америки системно почали вирішувати цю проблему і створили умови для її подолання. В цих країнах накопичено досвід практичного рішення задач підвищення енергоефективності будівель за рахунок комплексних підходів, що включають технічні, економічні, організаційні і соціальні заходи.

На межі тисячоліть проблема збереження енергетичних ресурсів не перестала бути однією з найважливіших. Для розвинутих країн довгостроковий доступ до надійних енергетичних ресурсів визначає рівень політичного, економічного та соціального прогресу, а також визначає їх вразливість через залежність від природного газу та нафти, тобто посилення енергетичного фактору як стратегічного ресурсу. На сучасному етапі розвитку енергетики для суспільства існує загроза вичерпання невідновлюваних паливно-енергетичних ресурсів, відсутність реальних альтернатив їх заміщення, ризик їх виробництва та транспортування. Для України ці ризики поглиблюються тим, що запаси паливно-енергетичних ресурсів розподілені нерівномірно і їх велика частина розміщена у політично нестабільних регіонах, напруженою ситуацією на паливно-ресурсних ринках та несприятливий прогноз щодо подальшого підвищення цін на енергоносії. У зв'язку з цим проблема енергозбереження та енергоефективності стає дедалі важливішою.

У статті представлено аналіз сучасних тенденцій та найкращого світового досвіду щодо створення та реалізації стратегії підвищення енергоефективності будівель та забезпечення скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів країни. Незважаючи на наукові розробки, створені вітчизняними вченими в 80-90-х роках минулого століття, Україна втра-

тила багато часу в практичному вирішенні проблем енергозберігаючих будівель. Зараз Україна має унікальну можливість пройти 50-річний шлях країн Європи протягом короткого періоду часу, що вимагає всебічної та систематичної роботи, основні елементи якої представлені в статті.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** енергозбереження, енергоспоживання, енергетичне законодавство, енергоефективні будівлі, пасивний будинок, історія енергозбереження

### МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СООРУЖЕНИЙ

**ФАРЕНЮК Г.Г.** Д-р техн. наук, директор, ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Киев, Украина, тел.: + 38 (044) 249-72-34, e-mail: farenjuk@ndibk.gov.ua, ORCID: 0000-0002-5703-3976

**ТИШКОВЕЦ А.В.** Аспирант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина, e-mail: artemyshkovets@ukr.net, тел.: +38 (044) 204-82-50, ORCID: 0000-0001-6626-2677

### АННОТАЦИЯ

Повышение энергоэффективности зданий является общей проблемой всех стран, где необходимо осуществлять климатизацию воздуха внутреннего пространства зданий жилого и общественного назначения. Проблема энергосбережения в зданиях стала мировой во время резкого роста цен на энергоносители в 70-х годах прошлого века. Страны Западной Европы и Северной Америки системно начали решать эту проблему и создали условия для ее преодоления. В этих странах накоплен опыт практического решения задачи повышения энергоэффективности зданий за счет комплексных подходов, что включают технические, экономические, организационные и социальные мероприятия.

На рубеже тысячелетий проблема сохранения энергетических ресурсов не перестала быть одной из важ-



нейшх. Для развитых стран долгосрочный доступ к надёжным энергетическим ресурсам определяет уровень политического, экономического и социального прогресса, а также определяет их уязвимость из-за зависимости от природного газа и нефти, то есть усиление энергетического фактора в качестве стратегического ресурса. На современном этапе развития энергетики для общества существует угроза истощения невозполнимых топливно-энергетических ресурсов, отсутствие реальных альтернатив их замещения, риски их производства и транспортирования. Для Украины эти риски усугубляются нестабильностью в регионах производства топливно-энергетических ресурсов, напряжённостью на топливно-ресурсных рынках и неблагоприятным прогнозом относительно дальнейшего повышения цен на энергоносители. В связи с этим, проблема энергосбережения и энергоэффективности становится все более важной.

В статье представлен анализ современных тенденций и лучшего мирового опыта по созданию и реализации стратегии повышения энергоэффективности зданий и обеспечения сокращения расходов топливно-энергетических ресурсов страны. Невзирая на научные разработки, созданные отечественными учёными в 80-90-х годах прошлого века, Украина потеряла много времени в практическом решении проблем энергосберегающих зданий. Сейчас Украина имеет уникальную возможность пройти в течение короткого периода времени 50-летний путь стран Европы, что требует всесторонней и систематической работы, основные элементы которой представлены в статье.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** энергосбережение, энергетическое законодательство, энергоэффективные здания, пассивный дом, история энергосбережения

## WORLD TRENDS OF BUILDINGS ENERGY EFFECTIVENESS INCREASING

**FARENYUK G.G.** Dr., Director, State enterprise "State Scientific Research Institute of Building Constructions", Kyiv, Ukraine,  
e-mail: farenyuk@ndibk.gov.ua,  
tel.: + 38 (044)249-72-34, ORCID: 0000-0002-5703-3976

**TYSHKOVETS A.V.** PG student, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine,  
e-mail: artemtyshkovets@ukr.net,  
tel.: +38 (044)204-82-50, ORCID: 0000-0001-6626-2677

### ABSTRACT

Increasing of energy efficiency is a general problem for all countries where it is necessary to make climatization of the interior space of residential and public buildings. The problem of energy saving has become a global one during the sharp rise in energy prices in the 70's of the last century. The countries of Western Europe and North America systematically began to solve this problem and created the conditions for overcoming it. These countries gained the experience in practical solutions to the tasks of increasing the energy efficiency of buildings by means of

integrated approaches, which include effective technical, economic, organizational and social measures.

At the turn of the millennia this problem has not stopped to be one of the most important human problems. For developed countries a long-term access to reliable energy resources determines the level of political, economic and social progress, but also determines their vulnerability through dependence on natural gas and oil, that is, the strengthening of the energy factor as a strategic resource. At the current stage of development of energy for the society there is a threat of exhaustion of non-renewable fuel and energy resources, the lack of real alternatives to their replacement, risks in their production and transportation. For Ukraine these risks are intensifying due to instability in the regions of fuel and energy resources production, tension in fuel and resource markets and unfavorable prognosis for the further increase of energy prices. In this regard the problem of energy conservation and energy efficiency is becoming increasingly important.

The paper presents an analysis of current trends and best international experience in the development and implementation of energy efficiency strategies and ensuring the reduction of fuel and energy costs. Despite the scientific developments created by domestic scientists in the 80's-90's years of the last century Ukraine has lost a lot of time in the practical solution of energy efficiency buildings. Now Ukraine has a unique opportunity to go through a nearly 50-year journey, which was made in the countries of Europe, for a short period of time, what requires a comprehensive and systematic work, the main elements of which are represented in the article.

**KEY WORDS:** energy saving, energy consumption, energy legislation, energy efficient buildings, passive house, energy saving history

### ВСТУП

Ефективне використання енергії є одним із показників розвитку економіки, науки і є національним пріоритетом для кожної країни. Підвищення енергоефективності зменшує потребу в інвестиціях, збільшує конкурентоспроможність національної економіки, підвищує добробут споживачів, тобто забезпечує умови для спільної роботи держави та населення для забезпечення належних умов проживання і розвитку.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ.** Проблема енергозбереження в будівлях на межі тисячоліть перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Для розвинутих країн тривалий доступ до надійних ресурсів енергії визначає рівень політичного, економічного і соціального прогресу, але і обумовлює їх уразливість через залежність від природного газу і нафти, тобто надає енергетичному фактору стратегічного значення. Разом з тим, на сучасному етапі розвитку енергетики для суспільства існує загроза вичерпання невідновлювальних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), відсутності реальних альтернатив їх заміни, ризиків втрат та виникнення аварій при їх виробництві і транспортуванні. Для України зазначені ризики на-



бувають усе більшого значення внаслідок загальної нестабільності в регіонах видобутку ПЕР, постійної напруги на вітчизняному паливно-ресурсному ринку та несприятливих прогнозів щодо подальшого зростання цін на енергоресурси. Тому все більш важливого значення набуває визначення оптимальної стратегії рішення проблеми енергозбереження та енергоефективності в будівництві.

**МЕТА СТАТТІ.** Провести аналіз сучасних тенденцій та найкращого світового досвіду щодо створення та реалізації стратегій підвищення енергоефективності використання та забезпечення скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів при спорудженні та експлуатації будівель житлового та громадського призначення.

**ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ.** Зростання енергоефективності будівель сприятливо позначається на енергетичній безпеці будь-якої країни, оскільки знижується залежність від імпорту викопного палива [1]. Останній аспект особливо стосується України, оскільки висока енергетична залежність нашої країни формує істотну залежність від імпорту енергоресурсів і, як наслідок, від країн-експортерів. За відсутності достатніх обсягів видобутку більшості видів власної енергетичної сировини Україна змушена її імпортувати, що обумовлює і наявність політичної складової у вирішенні цієї проблеми [2].

Високий рівень питомої ваги енергоспоживання будівлями у загальному енергобалансі країни (біля 40%) є закономірністю [3] для всіх країн, де є потреба у кондиціонуванні внутрішнього простору будівель. Тому зниження енергоспоживання є основною метою діяльності Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), яка полягає у зменшенні викидів вуглецю в світі на 77% до 2050 року, що передбачено Міжурядовою групою експертів зі зміною клімату (МГЕЗК) [4].

Питання енергозбереження було актуальним ще в стародавній Візантії. Першим, найбільш відомим, податком, уведеним на використання тепла, вважається так званий «капнікон», введений візантійським імператором Никифором Першим Геніком (802 – 811 р.р. н.е.). Незалежно від майнового стану, його платили всі. Ще одним відомим податком був так званий «папський» податок, який працював у Великобританії та Франції, де з 1529 року стягувалась плата за димарі. Об'єктом оподаткування була димова труба. З метою ухилення від сплати цього податку населення почало розбирати свої пічні труби і використовувати сусідські, або з метою економії спільно використовували одну трубу на кілька господарств. Податок був скасований у 1684 році після пожежі, що знищила близько двадцяти житлових будинків [5].

Особливо гострою проблема енергозбереження постала у 20-му столітті. Спочатку на проблему звернули увагу екологи, відмічаючи необхідність зменшення викидів парникових газів, а потім і весь світ

після того, як країни ОПЕК встановили ембарго на постачання нафти до країн, що підтримали Ізраїль у війні з Сирією та Єгиптом. Після паніки через зростання цін на бензин із багатокілометровими чергами на бензоколонках в Європі і США, неконтрольованого зростання вартості електричної і теплової енергії, а в ряді випадків, з тривалими перебоями їх постачання, в більшості розвинених держав було вжито заходів [6] щодо:

- розроблення спеціальних програм із економії ресурсів та енергії;
- виділення величезних бюджетних коштів на проведення науково-дослідних і конструкторських розробок у галузі використання нетрадиційних джерел енергії;
- зниження енергоспоживання в різних галузях промисловості;
- розроблення законодавчих ініціатив із забезпечення зниження споживання енергетичних ресурсів.

Подальший розвиток енергозберігаючих технологій можна поділити на такі етапи.

1973-1990рр. В США та ЄС було сформульовано концепцію про те, що споживання енергоресурсів на тепlopостачання і кліматизацію будівель повинно залишатися на існуючому в той період рівні при зростаючому обсязі будівництва. Будівництво тих часів було енерговитратною сферою [6-9]. Показники енергоемності будівель у більшості країн були на одному рівні. За цими показниками будівлі в Україні, були приблизно однакові з багатоповерховими будівлями Західної Європи. Цю концепцію почали реалізовувати у Західній Європі на початку 1980-х років. Стратегічним напрямом її реалізації було істотне підвищення рівня теплоізоляції будинків. В Україні аналогічні підходи почали втілювати завдяки роботам [10-12], що дало поштовх до реалізації сучасних принципів при створенні національної системи проектування будівель за показниками енергоефективності.

Протягом другого етапу (1991-2003 рр.) було досягнуто значного прогресу в енергоощадних технологіях, почали широко використовувати теплові насоси, а вітрові генератори та сонячні елементи стали абсолютно буденними в Європі, Японії і США. Були розроблені сучасні конкурентоспроможні енергоефективні будівлі, сформульовано методичні принципи пасивних будинків і будинків з майже нульовим споживанням енергії, вперше масово почали займатися санацією будівель старого типу для доведення їх до сучасних вимог із енергозбереження.

У США розроблено комплексний документ "Energy Act 1992", який визначив основні проблеми в енергозбереженні та напрямки їх вирішення [7]. Він став визначальним для розвитку нових технологій в галузі енергозбереження та використання альтернативних та нетрадиційних джерел енергії більш ніж на 10 років. Конгресом США було виділено кілька мільярдів доларів на забезпечення енергозбереження, вперше було приділено увагу створенню дієвої



системи субсидій і пільг для споживачів, що виконують вимоги по енергоефективності своїх будівель. Було впроваджено програму перспективних стандартів і нормативів, спрямованих на економію енергії в усіх галузях, включаючи, будівництво і виробництво будівельних матеріалів. Виділені значні кошти на впровадження програми енергозбереження та роз'яснення її завдань споживачам, на пілотні проекти енергоефективних будівель різного призначення в різних кліматичних регіонах країни (з подальшим повномасштабним моніторингом результатів), виділено кошти на створення комп'ютерних методів оцінювання характеристик і енергоефективності різних конструкцій будівель.

У Німеччині вирішували проблему побудованих у східній частині країни будівель за радянськими проектами, велику частину яких складали так звані «хрущовки». Проведений на початку 90-х років комплексний енергетичний моніторинг показав, що середня витрата енергії на опалення, гаряче водопостачання, освітлення та інші побутові потреби в старих будівлях становила близько  $280 \text{ кВт*год/м}^2$ , із них тільки на опалення припадало не менш  $220 \text{ кВт*год/м}^2$  (і це в умовах досить м'якого клімату Німеччини) [7]. У 1995 р. було видано федеральний закон [7], відповідно до якого нові будівлі необхідно будувати з питомою витратою енергії на опалення не вище  $100 \text{ кВт*год}$ , а інші витрати було обмежено на рівні  $60 \text{ кВт*год/м}^2$ . Для існуючих будівель було визначено період у 7 років, протягом якого вони або повинні бути доведені до встановленого рівня енерговитрат, або, в разі неможливості чи недоцільності реконструкції, бути знесені. Якщо положення зазначеного закону не виконувались, власнику в кілька разів збільшували комунальні платежі, накладали великі штрафи, збільшували обов'язкові страхові внески, знижували заставну вартість.

У Франції було розроблено документ RT 2000 "Індивідуальні будинки без систем кондиціонування повітря". Відповідно до його вимог необхідно набрати 20 балів за такими розділами [7]: теплоізоляція перекриттів, стін і покрівлі (2 - 5 балів); наявність теплових містків у конструкції будівлі (0 - 4 балів); тип віконних конструкцій (1- 3 балів); системи вентиляції (1 - 4 балів); системи опалення та гарячого водопостачання (1-6 балів). Проект будинку затверджувався, якщо в сумі набиралось 20 балів, що забезпечувало варіантність проектування за виконанням вимог із економії енергії (наприклад, застосовувати дорогі і дуже ефективні вікна, але заощадити на теплоізоляції перекриттів тощо).

Подібні методичні підходи успішно застосовують в багатьох країнах, що дозволило сформулювати принципи "зелених" стандартів будівництва [6].

Третій етап (2003-2008 років) був характерним черговим підвищенням цін на нафту, відзначений значною увагою до процесів глобального потепління, успіхами в розробленні та впровадженні в масове виробництво нових матеріалів, що дозволило більш ефективно використовувати сонячну енергію та інші

відновлювані джерела енергії.

У цей період у Південно-Східній Азії (Таїланд, Тайвань) було розпочато виробництво тонкоплівкових сонячних елементів, коефіцієнт корисної дії яких вищий, ніж у традиційних кремнієвих, а вартість істотно нижча, що зумовило вибухове зростання виробництва та застосування фотоелектричних систем.

У 2004 р. Конгрес США прийняв новий документ "Energy Act 2004" та "Дорожні карти" для різних галузей промисловості. Такі документи є практично в усіх промислових галузях і визначають короткострокові і середньострокові конкретні цілі енергозбереження. В результаті, незважаючи на зростання промисловості в США, енергоспоживання в цілому по країні практично не змінилося порівняно з 1990 р. [7].

І в Євросоюзі, і в США налагоджено чітку координацію різних заходів із енергозбереження не тільки між галузями промисловості, а й між країнами. Енергозбереження є основою економіки і підтримується більшістю громадян країн, незважаючи на те, що деякі нові технології сьогодні все ще значно дорожчі за традиційні. Підтвердженням цього є те, що за останні роки в багатьох країнах реалізовано велику кількість проектів "пасивних" будинків не тільки малоповерхових, але і висотних (вище 100 м).

Характерною особливістю четвертого етапу є початок світової економічної кризи 2009 року. Євросоюз відреагував на це прийняттям Програми «20-20-20», основними цілями якої є енергозбереження і захист клімату. Метою програми є підвищення енергоефективності промисловості та будинків на 20%, зниження викидів парникових газів на 20% і збільшення частки виробництва енергії з відновлюваних джерел енергії на 20% до 2020 року. Програма має також більш амбіційні цілі - скорочення до 2050 р викидів в атмосферу парникових газів на 85-90% порівняно з 1990 р., за умови, що до вирішення цієї проблеми будуть залучені всі індустріальні країни. При цьому для країн-членів Євросоюзу передбачено:

- початкові інвестиції в 270 млрд. євро, що дадуть зменшення енергетичних витрат у середньому від 175 до 320 млрд. євро в рік;
- зниження споживання первинної енергії на 30% порівняно з 2005 р. без скорочення обсягу енергетичних послуг;
- більш високу безпеку енергопостачання економіки ЄС (скорочення вдвічі імпорту нафти і газу порівняно з 2010 р, економія в 2050 р. до 400 млрд. євро на оплату нафтових і газових рахунків ЄС, страхування від економічного збитку в результаті можливих різких стрибків цін на енергоносії);
- отримання вигоди, пов'язаної з поліпшенням якості повітря і здоров'я населення, в 27 млрд. євро у 2030 р і 88 млрд. євро в 2050 р.

У Китаї при величезних обсягах виробництва, промислові підприємства до останнього часу практично не звертали уваги на енергоемність продукції внаслідок дешевизни робочої сили, що компенсувало



зайві витрати на енергію. Той факт, що Уряд КНР проголосив енергозбереження одним з пріоритетів економіки, є надзвичайно показовим і за останні роки там проектується і будується більшість будівель із використанням новітніх досягнень у галузі енергозбереження, включаючи і висотні будівлі з нульовим споживанням енергії. Саме в цій країні сьогодні виробляється найбільше сонячних елементів останнього покоління [13].

У цей період активізувалися роботи з підвищення вимог до світлопрозорих конструкцій. У відповідності до введених у дію з жовтня 2009 р. німецьких норм EnEV [14], коефіцієнт теплопередачі світлопрозорих конструкцій повинен бути не вище 1,3 Вт/м<sup>2</sup>·К (опір теплопередачі - не менше 0,769м<sup>2</sup>·К/Вт). За наступною редакцією цих норм (EnEV 2012) коефіцієнт теплопередачі світлопрозорих конструкцій з 01.01.2012 р повинен був бути не більше 0,8-0,9 Вт/м<sup>2</sup>·К (опір теплопередачі - не менше 1,11-1,22 м<sup>2</sup>·К/Вт). У більшості інших країн Євросоюзу також приймають нормативні вимоги, спрямовані на підвищення теплотехнічних характеристик світлопрозорих конструкцій [14].

Подібні програми існують у багатьох країнах і, як правило, підтримуються державою. Так, наприклад, у США власникам приватних односімейних будинків держава надає податкові відрахування в 1500 доларів, якщо вони змінюють старі вікна на нові, що перевищує установлені для даного регіону теплотехнічні вимоги [3, 15].

Всі ці фундаментальні зміни супроводжувались тисячами локальних проектів, на яких перевірялись і всі внесені зміни [15-18]. Окремо варто відзначити проект «Велика Філадельфія», який став на довгий час експериментальним стандартом для тисяч нових розробок [15]. В основу проекту було покладено об'єднання енергозберігаючих ініціатив на всіх рівнях, що включали в себе урядові та громадські ініціативи, були залучені комерційні та наукові установи, а також виробничі об'єкти. Метою було об'єднання всіх передових розробок і максимально швидке їх впровадження у побут. Це був один із масштабних проектів, із реалізації програми США щодо зменшення енерговитрат на експлуатацію будівель. Результатом таких робіт була зміна вимог до допустимих витрат енергії на опалення будівель, які призвели до переходу на конструкції будівель з майже нульовим споживанням енергії (табл.). З урахуванням робіт [19-22]

Таблиця. Вимоги стандарту щодо зниження енергоспоживання будівель

Енергоспоживання* кВт·год/м <sup>2</sup>	Рік								
	1999	2001	2004	2010	2013	2015	2020	2025	2030
Без урахування споживання електричної енергії користувачами обладнання (офісна техніка, кухонні прилади, тощо)	167,3	163	138	96,7	85,3	72,7	56,9	44,2	0,0
З урахуванням споживання електричної енергії користувачами обладнання	-	-	223	154,8	132,7	113,8	75,9	56,9	0,0

\* - Споживання первинної енергії будівлею за річним звітом

був розроблений стандарт по зниженню енергоспоживання будівель ASHRAE 90.1, який передбачав перехід до нульового споживання енергії будівлями до 2030 року (табл.) [23].

## ВИСНОВКИ

Програми з енергоефективності, прийняті в різних країнах світу, подібні одна до одної за загальними принципами, але мають свої регіональні особливості. В Україні актуальність зменшення енерговитрат у житловому секторі та будівництві з кожним роком лише зростає. Модернізація теплогенеруючого обладнання вітчизняних ТЕС потребує інвестицій близько 141 млрд. грн., що забезпечить 4% економії ресурсів. Модернізація теплових мереж (33 млрд грн) зменшить втрати теплової енергії на 14%. У той же час термомодернізація житлових будинків призведе до зменшення втрат енергії на 41%. Щодо будинків громадського призначення, то у разі успішної реалізації енергосервісних послуг за 10 років бюджету всіх рівнів щороку будуть заощаджувати понад 11 млрд. грн. на оплаті послуг з опалення.

Україна втратила багато часу в практичному рішенні задач щодо підвищення енергоефективності будівель. Технічні принципи термомодернізації будівель та конструктивні рішення улаштувань фасадної теплоізоляції були сформульовані у 1986 р. [24] та набули подальшого розвитку у роботах [25-28]. Зараз наша держава має унікальну можливість пройти 50-ти річний шлях, який здійснено країнами Європи, за декілька років. Але це вимагає комплексної і системної роботи. Потрібна злагоджена робота урядових, наукових та будівельних організацій і населення в підвищенні енергоефективності нашої країни. Необхідно розробити наукові принципи будівництва будівель з майже нульовим споживанням енергії та змінювати генеруючі потужності на відновлювані



джерела енергії. Лише комплексна робота дозволить опанувати найкращі світові досягнення з урахуванням регіональних кліматичних умов, що дасть можливість Україні зайняти гідні позиції в списку розвинених країн.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Official website of the International Energy Agency. [Electronic resource]. - Access mode <http://www.iea.org> (дата звернення 25.05.2017).
2. Энергоэффективность как ресурс для инновационного развития: национальный отчет о состоянии и перспективах реализации государственной политики в области энергоэффективности / С.Ф. Ермилов, В. Хейц, Ю.П. Яценко, В.В. Григоровский, В.Е. Лиар, и др. – Киев, НАЕР, 2009. – 93 с.
3. Energy Conservation and Electricity Demand, The Diffusion of Energy Efficiency in Building/ By Nils Kok, Marquise McGraw, John M. Quigley, 2011. – P 77-82.
4. Energy efficiency buildings market transformation / World Business Council for Sustainable Development / George David, Bruno Lafon, etc., 2009. – 4 p.
5. Taxes on chimneys, chimneys and fire in the oven [Electronic resource]. - Access mode <http://nalogitax.ru> (дата звернення 08.02.2017).
6. Незвичайні податки в історії та ефективність їх використання [Electronic resource]. - Access mode <http://ukrbukva.net/page,5,37663>, (дата звернення 25.12.2016).
7. The modern history of energy conservation. [Electronic resource]. - Access mode <http://escholarship.org>. (дата звернення 25.05.2017).
8. Фаренюк Г.Г. Теплотехнические характеристики фасадных комбинированных систем // Фаренюк Г.Г., Фаренюк Е.Г. / Оконные технологии. – 2001. - № 6. – С. 35-45.
9. Фаренюк Г.Г. Совершенствование ограждающих конструкций и повышение энергоэффективности зданий/ Г.Г.Фаренюк// Вісн. Акад. буд-ва України, Київ, 1998. – С. 38 – 40.
10. Фаренюк Г.Г. Тепловые и экономические аспекты энергосбережения в зданиях/ Г.Г. Фаренюк// Оконные технологии, 2000, № 3. – С. 32 – 35.
11. Фаренюк Г.Г. Совершенствование принципов нормирования теплозащиты ограждающих конструкций зданий/ Г.Г. Фаренюк// Оконные технологии, 2000, № 4. – С. 62 – 64.
12. Фаренюк Г.Г. Наружные стены современных зданий и их конструктивные особенности / Г.Г. Фаренюк // АСЖ Особняк, 2000, № 3 (17). – С. 32 – 35.
13. Baizhan Li, Runming Yao Building energy efficiency for sustainable development in China: challenges and opportunities // Building research and information, 2012. 40(4). - P. 417–431.
14. Спиридонов А.В., Шубин И.А. Энергосбережение в США, Европе и России // Строй Профи, 2012. - № 3, 4. - С. 38-41.
15. Henry C. Foley, The greater Philadelphia innovation cluster for energy-efficient buildings: a new model for public-private partnerships Henry C. Foley, James Freihaut, Paul Hallacher, and Christine Knapp // Industrial Research Institute, 2011, project number 6308. - P. 42-48.
16. Indrek Raidea, Lessons learnt from the first public buildings in Estonia intended to be passive houses. Indrek Raidea, Targo Kalameesa, Tõnu Muringb // Proc. of the Estonian Acad. of Sciences, 2015, 64. - P. 157–167.
17. Alcott, Hunt, and Sendhil Mullainathan. Behavior and Energy Policy, 2010 Science, 327(5970). - P. 1204–05.
18. Eichholtz, Piet M.A., Nils Kok, and John M. Quigley. “Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings.” American Economic Review, 100(5). - P. 2492–2509.
19. Elena Eftimie. Costing energy efficiency improvements in buildings Case study: Braşov, Romania // Intern. J. of Energy and Environment, 2015, Vol. 6, Issue 1, 2015. - P. 47-60.
20. Stojanovic B.V., et al. Thermally Activated Building Systems in Context of... Thermal science: Year 2014, Vol. 18, No. 3. - P. 1011-1018.
21. Michael J. Gestwick, Alaaeldin Kandil and James A. Love, Heating plant input-output efficiency in two cold-climate institutional buildings with condensing hot water boilers// Building Serv. Eng. Res. Technol., 2014, Vol. 35(6). - P. 634–652.
22. Nils Kok, Marquise McGraw, John M. Quigley. The diffusion over time and space of energy efficiency in building // Ann Reg Sci, 2012, 48. - P. 541–564.
23. Official site of the ASHRAE standards [Electronic resource]. - Access mode <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-90-1> (дата звернення 29.11.2016).
24. Хоменко В.П., Фаренюк Г.Г. Справочник по теплозащите зданий. – Київ: Будівельник, 1986. – 232 с.
25. Фаренюк Г.Г. Методические принципы оптимизации затрат на термореновацию зданий при их реконструкции / Будівельні конструкції: Зб. наукових пр., 2001. - Вип. 54. - С. 714 - 721.
26. Фаренюк Г.Г. Метод оптимизации затрат на термореновацию зданий при их реконструкции / Фаренюк Г.Г. / Оконные технологии. – Київ, 2001. - № 6. – С. 25-30.
27. Фаренюк Г.Г. Методы расчета солнечной радиации при проектировании теплоизоляции светопрозрачных конструкций зданий и сооружений / Фаренюк Г.Г., Горин В.В., Фаренюк Е.Г. // Оконные технологии, Киев, 2002, № 11. – С. 38-47.
28. Фаренюк Г.Г. Составляющие теплопотерь зданий первых массовых серий и возможности из-



менения их структуры // Реконструкція житла.  
- Киев, 2003. – С. 99-102.

## REFERENCES

1. Official website of the International Energy Agency. [Electronic resource]. - Access mode <http://www.iea.org> (date of address 25.05.2017).
2. Energy effectiveness as resource for innovation development: National report on state and implementation prospects of state politics in area of energy effectiveness / S.F. Ermilov, V. Heyets, Yu.P. Yashchenko etc. – Kyiv, NAER, 2009. – 93 p.
3. Energy Conservation and Electricity Demand, The Diffusion of Energy Efficiency in Building/ By Nils Kok, Marquise McGraw, John M. Quigley, 2011. – P. 77-82.
4. Energy efficiency buildings market transformation / World Business Council for Sustainable Development / George David, Bruno Lafon, etc., 2009. – 4 p.
5. Taxes on chimneys, chimneys and fire in the oven [Electronic resource]. - Access mode <http://nalogitax.ru> (date of address 08.02.2017).
6. Unusual taxes in history and its using effectiveness [Electronic resource]. - Access mode <http://ukrbukva.net/page,5,37663>, (date of address 25.12.2016).
7. The modern history of energy conservation [Electronic resource]. - Access mode <http://escholarship.org>. (date of address 25.05.2017).
8. Farenjuk G.G. Thermotechnical characteristics of facade combined systems / G.G. Farenjuk, E.G. Farenjuk // Window technologies, Kyiv, – 2001. - № 6. – P. 35-45.
9. Farenjuk G.G. Enclosing structures perfection and increasing of energy effectiveness of buildings / G.G.Farenjuk // Her. of Constr. Acad. of Ukraine, Kyiv, 1998. – P. 38 – 40.
10. Farenjuk G.G. Heat and economical aspects of energy saving in buildings / G.G. Farenjuk // Window technologies, Kyiv, 2000, № 3. – P. 32 – 35.
11. Farenjuk G.G. Perfection of principles for norming of thermal protection of building enclosing structures/ G.G.Farenjuk // Window technologies, Kyiv, 2000, № 4. – P. 62 – 64.
12. Farenjuk G.G. Modern building external walls and its structural features / G.G. Farenjuk // ASJ Osobnyak, 2000, № 3 (17). - P. 32 – 35.
13. Baizhan Li, Runming Yao. Building energy efficiency for sustainable development in China: challenges and opportunities // Building research and inform, 2012. 40(4). - P. 417–431.
14. Spiridonov A.V., Shubin I.L. Energy saving in USA, Europe and Russia // StroProfi, № 3, 4. - P. 38-41.
15. Henry C. Foley. The greater Philadelphia innovation cluster for energy-efficient buildings: a new model for public-private partnerships Henry C. Foley, James Freihaut, Paul Hallacher, and Christine Knapp // Industr. Research Inst., 2011, project number 6308. - P. 42-48.
16. Indrek Raidea, Lessons learnt from the first public buildings in Estonia intended to be passive houses. Indrek Raidea, Targo Kalameesa, Tõnu Mauringb// Proc. of the Estonian Acad. of Sciences, 2015, 64, 2. - P. 157–167.
17. Alcott, Hunt, and Sendhil Mullainathan. 2010. Behavior and Energy Policy / Science, 327(5970). - P. 1204–05.
18. Eichholtz, Piet M. A., Nils Kok, and John M. Quigley. Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings. American Economic Review 100(5). - P. 2492–2509.
19. Elena Eftimie. Costing energy efficiency improvements in buildings Case study: Braşov, Romania // Intern. J. of Energy and Environment / 2015, Vol. 6, Iss. 1, 2015. - P.47-60.
20. Stojanovic B.V., et al. Thermally Activated Building Systems in Context of... Thermal science: Year 2014, Vol. 18, No. 3. - P. 1011-1018.
21. Michael J. Gestwick, Alaaeldin Kandil & James A. Love, Heating plant input–output efficiency in two cold-climate institutional buildings with condensing hot water boilers// Building Serv. Eng. Res. Technol., 2014, Vol. 35(6). - P. 634–652.
22. Nils Kok, Marquise McGraw, John M. Quigley The diffusion over time and space of energy efficiency in building // Ann Reg Sci (2012) 48. - P. 541–564.
23. Official site of the ASHRAE standardts [Electronic resource]. - Access mode <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-90-1> (date of address 29.11.2016).
24. Khomenko V.P. & Farenjuk G.G. Reference book on buildings thermal protection. – Kyiv: Budivelnik, 1986. – 232 p.
25. Farenjuk G.G. Methodical principles for optimization of the expenditures for buildings thermal renovation when its retrofitting. - Building structures: coll. Scientific works, 2001, Iss. 54. - P. 714 - 721.
26. Farenjuk G.G. Methods for optimizing the cost of thermal insulation of buildings during their reconstruction / G.G. Farenjuk / Window technologies, Kyiv, 2001. - № 6 – P. 25-30.
27. Farenjuk G.G. Methods for calculating solar radiation in the design of thermal insulation of translucent structures of buildings and structures // G.G. Farenjuk G.G., V.V. Gorin, E.G. Farenjuk / Window technologies, Kyiv, 2002, № 11. – P. 38-47.
28. Farenjuk G.G. Components of heat losses of the first batch series buildings and possibilities for its structure change. – Dwelling reconstruction, Kyiv, 2003. – P. 99-102.

Стаття надійшла до редакції 27.07.2017.