

А. А. Маліновський, М. Й. Олійник, А. З. Музичак
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електропостачання промислових підприємств, міст і сільського господарства, Україна

АНАЛІЗ СИСТЕМ УТЕПЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ

© Маліновський А. А., Олійник М. Й., Музичак А. З., 2016

Кожне підвищення тарифів на енергоносії актуалізує проблему утеплення будинків з метою зменшення витрат на опалення, що породжує, зокрема, питання вибору утеплювального матеріалу. Розглянуто актуальне питання порівняння найпоширеніших видів теплової ізоляції: пінополістиролу (пінопласту) та мінеральної вати. Як узагальнений критерій їх порівняння пропонується оцінка життєвого циклу, яка формується з оцінок чотирьох етапів існування матеріалу: виробництво, монтаж, використання (експлуатація) та повернення назад у довкілля. Фінансовий вимір оцінки життєвого циклу запропоновано визначати згідно з податковим кодексом України. У статті детально розглянуто етапи виробництва утеплювальних матеріалів та повернення їх у довкілля як найобтяжливіші з погляду впливу на довкілля. Процеси виробництва мінеральної вати та пінополістиролу принципово різні: у виробництві пінополістиролу використовують нафту, а мінеральної вати – природний матеріал доломіт. Проте в обох випадках вплив на довкілля можна оцінити за шістьма основними показниками. Відповідно до результатів аналізу на сучасному етапі розвитку виробництва пінополістирол та мінеральна вата є рівноцінними матеріалами, їх виробництво не суперечить стратегії сталого розвитку, а тому вони надалі матимуть широке застосування. Отримані результати можна доповнити іншими методиками оцінки життєвого циклу, які зокрема враховують вплив матеріалів на організм людини.

Ключові слова: утеплення, тепла ізоляція, життєвий цикл, екологічний податок, фінансовий вимір.

Each increase of energy tariffs actualizes the problem of insulation of buildings in order to reduce heating costs. This raises the question of choice of insulating material. In the article is considered the actual question comparing the most common types of thermal insulation - polystyrene (foam) and mineral wool. As a general criterion of comparison proposed life cycle assessment which is formed of four stages assessments existence of material: manufacture, installation, use (operation) and return back to the environment. The financial evaluation of life-cycle assessment suggested to determine according to the Tax Code of Ukraine. In the article are considered the stages of production insulating material and returning them to the environment as the heaviest in terms of environmental impact. The processes of manufacturing mineral wool and polystyrene are fundamentally different. Production of polystyrene is based on using of oil, production of mineral wool is based on using of natural material dolomite. However, in both cases, the environmental impact can be assessed on six key indicators. According to an analysis at the present stage of manufacture polystyrene and mineral wool materials are equal. Their production is not contrary to the strategy of sustainable development, and therefore they continue to be widely used. The results can be complementary as other techniques of life cycle assessment which in particular take into account the impact of materials on humans.

Key words: warming, thermal insulation, life cycle, environmental tax, financial evaluation.

Постановка проблеми. За останні роки населення України пережило кілька етапів значного підвищення тарифів на теплову енергію [1], зумовленого, зокрема, необхідністю вирівнювання

тарифів на газ для усіх категорій споживачів та ліквідації перехресного субсидіювання [2]. Збільшення витрат на опалення та господарсько-побутові потреби є спонукальним чинником впровадження енергоощадних заходів.

Незалежно від системи опалення будівлі (централізоване чи автономне) та від виду енергоносія (природний газ, дрова тощо) ефективним енергоощадним заходом є термомодернізація будинку: утеплення стін, горища, заміна вікон тощо. Проте це коштовний захід зі значним терміном окупності, до проведення якого слід підходити ґрунтовно.

Зазвичай виникають два важливі запитання: який утеплювальний матеріал вибрати та якої товщини повинен бути шар матеріалу.

Аналіз наявних досліджень. Обидва запитання є складними та не мають однозначного вирішення. Проте на друге запитання у літературі звернено значно більше уваги.

Визначення оптимальної товщини теплової ізоляції полягає у пошуку мінімуму дисконтованих витрат чи зведених витрат [3]. В обох випадках пошук мінімуму іде відносно вартості системи утеплення та вартості заощадження енергоносіїв. Зауважимо, що ці складові не єдині, які можна і необхідно враховувати. Наприклад, у [4] до формули дисконтованих витрат запропоновано внести видатки на екологічний податок, що сприятиме підвищенню привабливості енергоощадних заходів.

Перше питання, а саме питання вибору утеплювальних матеріалів, набагато складніше. Сьогодні існує багато видів теплової ізоляції: поліуретан, мінеральна вата, скловата, пінополістирол (пінопласт), екструдований полістирол тощо, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Наводять аргументи на підтримку того чи іншого утеплювального матеріалу, проте нема узагальненого критерію їх порівняння.

Найчастіше використовують систему скріпленої теплоізоляції із застосуванням пінополістирольних плит (пінопласт) чи мінеральної вати [5].

До переваг пінопласту належать хороші теплоізоляційні показники; він не абсорбує вологи та не втрачає теплоізоляційних властивостей під її впливом. Також з ним легко працювати. Але є і суттєві недоліки. Найперший – це горючість. Тому необхідно застосовувати пінопласт груп горючості Г1 (низької горючості) чи Г2 (помірної горючості) та з високою щільністю, наприклад, ПСБ-С-25 (у маркуванні друге С означає самогасячий). До пінополістиролу цих марках додають антипірени, які перешкоджають процесу горіння, проте з часом їх властивості втрачаються, і утеплювач знову може підтримувати горіння.

Саме через горючість використання пінопласту як утеплювального матеріалу заборонено чинними нормативними документами в дошкільних, навчальних та лікувальних закладах [6]. Також цей матеріал заборонено застосовувати у будівлях з умовною висотою понад 26,5 м та розроблено ряд рекомендацій для будівель меншої висоти та приватних будинків. Проте у нашій державі склалась ситуація, що пінопласт активно та часто з порушеннями вимог, наведених в ДБН [6], застосовують мешканці під час утеплення своїх будинків через його низьку вартість.

До переваг мінераловатних плит належать стійкість до високих температур, добра паропроникність та звукоізоляція. Основними недоліками цього утеплювача є те, що він важкий, гігроскопічний (тобто з часом може набрати вологу), а також монтаж цієї системи утеплення потребує фахівців високої кваліфікації, відповідно, вартість монтажу зростає.

Вище згадано лише основні характеристики двох найпоширеніших утеплювальних матеріалів, й їх спектр можна значно розширити. Проте їх розмаїття не має узагальненого критерію порівняння, у результаті чого користувачам складно їх порівнювати.

Таким чинником могла б бути оцінка життєвого циклу утеплювальних матеріалів та їх впливу на довкілля. Поняття “життєвого циклу виробів” усе ширше застосовується у світі для оцінювання екологічної безпечності як готових виробів чи конструкцій, так і окремих матеріалів, зокрема й теплоізоляційних [7].

Мета роботи: розглянути можливість використання життєвого циклу теплової ізоляції як уніфікованого критерію, який би, з одного боку, давав можливість порівняти утеплювальних

матеріалів, а з іншого боку – сприяв вибору користувачами кращих, екологічно безпечних утеплювальних матеріалів. Для цього критерій обов'язково повинен мати чітку фінансову оцінку, а його використання давати відчутний позитивний економічний ефект.

Виклад основного матеріалу. Вперше підхід до оцінювання життєвого циклу (LCA – Life Cycle Assessment) запропонувала міжнародна організація SETAC (Товариство екологічної токсикології і хімії), що дало інструмент відслідковування процесів трансформації ресурсів, що призводять до утворення шкідливих речовин, потрапляння в продукцію та розсіяння в довкіллі [8]. Значного розвитку методи LCA отримали у 80-ті роки, коли компанії в інтересах маркетингової політики хотіли представити споживачам свою продукцію як “дружню до довкілля”. Метод набув поширення та загалом був уніфікований. Для цього розроблено та прийнято стандарти ISO серії 14000. Одним із основних стандартів є ISO14044: 2006 [9].

У межах термінології стандартів ISO серії 14000 життєвий цикл містить як послідовні та взаємопов'язані етапи виробництва продукції від отримання сировини чи природних ресурсів до кінцевого повернення у довкілля. В літературі для опису ідеї життєвого циклу використовують наочний термін “від колиски до могили” (cradle to grave).

Розроблено також спеціалізоване програмне забезпечення, за допомогою якого можна оцінювати життєвий цикл матеріалів. Зауважимо, що адекватність отриманих оцінок та й сама можливість використання таких програм безпосередньо залежить від доступності та якості використовуваних даних про походження тих чи інших матеріалів, ефективності використовуваних способів перероблення тощо.

Найпоширенішим програмним забезпеченням LCA є SimaPro (актуальна версія 8.2). Воно пропонує як стандартизовані рішення, так і певну гнучкість, що дає змогу користувачу проводити певні дослідження. Особливістю цієї програми є використання визнаної в світі бази даних Ecoinvent (актуальна версія 3.2).

Відповідно до світової практики [7, 9] життєвий цикл теплової ізоляції містить п'ять основних етапів:

- етап виробництва – містить три складові (A1 – A3);
- етап монтажу – містить дві складові (A4, A5);
- етап використання – містить сім складових (B1 – B7);
- етап завершення циклу – містить чотири складові (C1 – C4);
- додаткова інформація за межами життєвого циклу (D).

Етап виробництва не стосується користувача, оскільки він отримує вже готовий виріб. Й усі складові, затрачені на виробництво продукції, закладено в ціну виробу. Проте розглянемо цей етап, щоб подивитися, наскільки вартість пінополістиролу (у 2,5–3 рази нижча від вартості мінеральної вати) відповідає оцінці життєвого циклу.

Процеси виробництва мінеральної вати та пінополістиролу принципово різні для (виробництва пінополістиролу використовують нафту, а мінеральної вати – природний матеріал доломіт). Проте в обох випадках основними складовими етапу виробництва є забезпечення сировиною (A1), транспортні перевезення (A2) та процес виробництва (A3), на здійснення яких витрачають певну кількість енергії (її поділяють на непоновлювану і поновлювану), певну кількість води та здійснюють певний вплив на довкілля (оцінюють за шістьма основними показниками). За усередненими даними, наведеними в [10], визначимо питомі витрати на виробництво 1 кг пінополістиролу та на 1 кг мінеральної вати. Результати розрахунку наведено в табл. 1 (третя і п'ята колонки). Дані впливу процесу виробництва мінеральної вати на виснаження озонового шару та евтрофікацію водойм відсутні.

Як зазначалося вище, отримані дані залежать від використовуваних вхідних даних та від інших багатьох факторів. Наприклад, від способу добування сировини та віддаленості до джерела, технології виробництва тощо (див. дані виробництва пінополістиролу у Німеччині, четверта колонка табл. 1; та див. дані виробництва мінеральної вати у Данії, шоста колонка табл. 1).

Таблиця 1

Вплив на довкілля виробництва 1 кг пінополістиролу та 1 кг мінеральної вати

Основні параметри	Одиниця виміру	Пінополістирол		Мінеральна вата	
		за [10]	Німеччина	за [10]	Данія
Непоновлювана первинна енергія	МДж	104,67	87,67	26,89	14,08
Поновлювана первинна енергія	МДж	0,927	0,944	2,489	0,907
Споживання води	кг	4,745	–	2,679	–
Глобальне потепління	кг CO ₂ екв.	4,527	2,889	3,229	1,229
Виснаження надр	кг SB екв.	0,047	5,80E-05	0,019	1,08E-04
Виснаження озонного шару	кг R-11 екв.	2,07E-07	1,13E-07	–	–
Збільшення кислотності	кг SO ₂ екв.	1,60E-02	7,33E-03	4,55E-03	1,02E-02
Евтрофікація	кг PO ₄ ³⁻ екв.	1,62E-03	6,59E-04	–	–
Фотохімічне окиснення	кг C ₂ H ₄ екв.	8,55E-04	1,67E-02	2,26E-04	4,24E-03

Для адекватного порівняння теплоізолювальних матеріалів між собою необхідно перейти до питомих величин на одиницю площі утеплювального матеріалу такої товщини, що забезпечує однаковий опір теплопровідності. Для цього скористаємося фізичними характеристиками утеплювальних матеріалів, прийнятими у світовій практиці (табл. 2) [10].

Таблиця 2

Фізичні характеристики пінополістиролу та мінеральної вати

Пінополістирол		Мінеральна вата	
Густина	Теплопровідність	Густина	Теплопровідність
кг/м ³	Вт/(м·К)	кг/м ³	Вт/(м·К)
<11	0,055	20-35	0,045
11-13	0,045	35-100	0,04
13-15	0,042	100-180	0,042
15-20	0,04		
>20	0,037		

Прийmemo в подальших розрахунках пінополістирол марки ПСБ-С-25 (теплопровідність 0,04 Вт/(м·К), густина в околі 16,5 кг/м³); мінеральну вату (теплопровідність 0,04 Вт/(м·К), густина в околі 50 кг/м³). За прийнятих параметрів необхідна товщина утеплювального шару пінополістиролу та мінеральної вати з термічним опором 2 м²·К/Вт однакова і дорівнює 0,08 м, проте маса різна: пінополістиролу 1,29 кг, мінеральної вати – 4 кг. Результати розрахунку питомих витрат на виробництво 1 м² теплової ізоляції наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив на довкілля виробництва 1 м² теплової ізоляції з термічним опором 2 м²·К/Вт з пінополістиролу (маса 1,29 кг) та мінеральної вати (маса 4 кг)

Основні параметри	Одиниця виміру	Пінополістирол		Мінеральна вата	
		за [10]	Німеччина	за [10]	Данія
1	2	3	4	5	6
Непоновлювана первинна енергія	МДж	134,71	112,83	107,55	56,31
Поновлювана первинна енергія	МДж	1,193	1,216	9,955	3,627

1	2	3	4	5	6
Споживання води	кг	6,107	–	10,714	–
Глобальне потепління	кг CO ₂ екв.	5,827	3,718	12,916	4,915
Виснаження надр	кг SB екв.	6,08E-02	7,46E-05	7,79E-02	4,34E-04
Виснаження озонового шару	кг R-11 екв.	2,67E-07	1,46E-07	–	–
Збільшення кислотності	кг SO ₂ екв.	2,06E-02	9,44E-03	1,82E-02	4,07E-02
Евтрофікація	кг PO ₄ ³⁻ екв.	2,08E-03	8,48E-04	–	–
Фотохімічне окиснення	кг C ₂ H ₄ екв.	1,10E-03	2,15E-02	9,03E-04	1,69E-02

Згідно з результатами розрахунку питомі витрати енергії на виробництво пінополістиролу більші, ніж на виробництво мінеральної вати (майже вдвічі порівняно з німецьким пінополістиролом та данською мінеральною ватою), проте витрати води майже вдвічі менші. Ці витрати важливі, однак мало стосуються цього дослідження, оскільки виробник закладає їх у ціну виробу разом з витратами на сировину. Розглянемо екологічні показники, які поки що не мають грошового виразу (чи їх грошовий вимір мізерний). Надалі розглядатимемо усереднені дані (третя і п'ята колонки табл. 3).

Почнемо з найпоширенішого показника – викидів CO₂, які безпосередньо впливають на процес глобального потепління. Як видно з табл. 3, за цим показником виробництво пінополістиролу є екологічно безпечнішим, еквівалент викидів вуглекислого газу більш ніж удвічі менший, ніж виробництво мінеральної вати. Зауважимо, що в процесі виробництва обох видів теплової ізоляції є значний потенціал зменшення цих викидів, – до 60 % (досвід Німеччини та Данії). Також виробництво пінополістиролу ощадливіше щодо виснаження земних надр.

Своєю чергою, виробництво мінеральної вати менш шкідливе щодо кислотного забруднення довкілля та фотохімічного окиснення, хоч різниця не є значною, – в межах 10–15 %. Проте немає даних, чи можливо і наскільки ці забруднення можна зменшити. Також виробництво пінополістиролу впливає на евтрофікацію водойм та виснаження озонового шару.

Необхідно також здійснити фінансове оцінювання такого впливу на довкілля. Підставою для фінансового оцінювання впливу забруднень на довкілля є Податковий кодекс України [11], який регламентує ставку екологічного податку за забруднення довкілля. Результати розрахунку економічного оцінювання впливу на довкілля наведено в табл. 4 (в Україні не передбачено узагальненого критерію виснаження надр та плати за це).

Таблиця 4

**Екологічний податок на викиди шкідливих речовин у процесі виробництва
1 м² теплової ізоляції з термічним опором 2 м²·К/Вт з пінополістиролу (маса 1,29 кг)
та мінеральної вати (маса 4 кг), грн**

Основні параметри	Пінополістирол		Мінеральна вата	
	за [10]	Німеччина	за [10]	Данія
Глобальне потепління	1,92E-03	1,23E-03	4,26E-03	1,62E-03
Виснаження надр	–	–	–	–
Виснаження озонового шару	5,25E-07	2,87E-07	–	–
Збільшення кислотності	4,06E-02	1,86E-02	3,58E-02	8,01E-02
Евтрофікація	2,15E-03	8,77E-04	–	–
Фотохімічне окиснення	1,22E-03	2,39E-02	1,0E-03	1,89E-02
Разом	0,046	0,045	0,041	0,101

За даними табл. 4 можна зробити висновок, що фінансова оцінка за українським законодавством [12] екологічного впливу виробництва полістиролу і мінеральної вати практично

однакова. Ці дані можуть відрізнитися для різних підприємств, наприклад, виробництво німецького пінополістиролу майже удвічі (у фінансовому вимірі) безпечніше за данську мінеральну вату.

Отримані суми екологічного податку є мізерними та зникло малими порівняно із вартістю утеплювального матеріалу: пінополістирол – 90 грн/м², мінеральна вата – 290 грн/м². Екологічні витрати становлять від однієї до п'яти сотих вартості продукції. Очевидно, що такі цифри жодним чином не можуть стимулювати вітчизняних виробників до удосконалення виробництва з метою зробити його екологічно безпечнішим.

У [4] зазначається необхідність збільшення екологічного податку щонайменше у 550 разів. Це відповідає прийнятій у світі стратегії сталого розвитку, й Україні рано чи пізно необхідно буде діяти згідно з відповідати цій стратегії. Результати розрахунку економічної оцінки впливу на довкілля у цьому випадку наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Екологічний податок (за збільшеними нормами) на викиди шкідливих речовин у процесі виробництва 1 м² теплової ізоляції з термічним опором 2 м²·К/Вт з пінополістиролу (маса 1,29 кг) та мінеральної вати (маса 4 кг), грн

Основні параметри	Пінополістирол		Мінеральна вата	
	за [10]	Німеччина	за [10]	Данія
Глобальне потепління	1,058	0,675	2,344	0,892
Виснаження надр	–	–	–	–
Виснаження озонового шару	2,89E-04	1,58E-04	–	–
Збільшення кислотності	22,32	10,22	19,69	44,04
Евтрофікація	1,182	0,482	–	–
Фотохімічне окислення	0,673	13,13	0,552	10,37
Разом	25,23	24,50	22,58	55,31

Отримані значення коштів уже можуть відігравати вагомий роль у вартості продукції. Метою збільшення податку є не збільшити видатки на виробництво продукції, а підштовхувати у бік екологічно безпечного виробництва. Наприклад, щоб стимулювати виробників мінеральної вати (четверта колонка табл. 5, данська мінеральна вата) зменшити кислотне та фотохімічне забруднення довкілля.

Наступними етапами життєвого циклу теплової ізоляції є етап монтажу та етап використання (експлуатації). Щодо етапу монтажу, то доставка (A4) та процес монтажу (A5) теплової ізоляції на базі пінополістиролу та мінеральної вати співвимірні. Хоча монтаж мінеральної вати технічно складніший та відповідно дещо дорожчий.

За прийнятою у роботі методикою аналізу життєвого циклу етап використання теплової ізоляції за жодною із семи складових: використання (B1), технічне обслуговування (B2), ремонт (B3), переміщення (B4), відновлення (B5), операційне використання (B6) та операційне використання води (B7) не впливає на довкілля. Зауважимо, що наявні інші методики оцінювання життєвого циклу матеріалів, зокрема з оцінюванням впливу на організм людини, проте їх аналіз виходить за межі цієї публікації.

Останнім етапом життєвого циклу теплової ізоляції є її демонтаж та повернення у довкілля. На цьому етапі мінеральна вата має певні переваги над пінополістиролом. Відповідно до [12] допускається її 100 % повторне використання для виробництва нової теплової ізоляції. В іншому випадку допускається її повернення у довкілля без значної шкоди, оскільки в її основі природний камінь.

Інша ситуація із пінополістирольними плитами. Відповідно до [13] основними методами утилізації зношених виробів з пінополістиролу є піроліз, спалювання, фото- чи біорозкладання та захоронення. Розглянемо процес спалювання як найпростіший. Для цього скористаємося питомим складом продуктів горіння пінополістиролу, наведеним в [14]. Результати розрахунку наведено в табл. 6. Тут же наведено фінансову оцінку впливу на довкілля за прийнятими тарифами [11] та з підвищеними.

**Результати розрахунку викидів продуктів горіння 1 м²
плити пінополістиролу завтовшки 0,08 м (маса 1,29 кг)**

Параметри	Вид шкідливої речовини								Разом
	CO ₂	CO	HCN	C ₆ H ₅ OH	N ₂ O	Ацетон	C ₆ H ₆	C ₈ H ₈	
Викиди, кг	9,1e-2	1,5e-2	1,3e-5	1,5e-3	6,8e-4	6,3e-3	4,0e-4	9,1e-2	–
Податок, грн	9,1e-4	6,7e-3	–	1,2e-4	3,0e-3	5,0e-4	7,0e-3	5,7e-3	0,024
Підвищений податок, грн	0,501	3,701	–	0,063	1,644	0,277	3,874	3,154	13,22

Відповідно до отриманих результатів фінансова оцінка викидів від спалювання пінополістиролу становить 48 % фінансової оцінки впливу на довкілля його виробництва. Отже, сумарний показник впливу на довкілля є меншим у мінеральної вати. Проте наявна відмінність недостатня, щоб зробити остаточний висновок на користь одного з матеріалів.

Висновки: 1. Як узагальнений критерій порівняння різних видів утеплювальних матеріалів пропонується оцінка їх впливу на довкілля за оцінкою життєвого циклу. Фінансовий вимір цього критерію слід визначати відповідно до податкового кодексу України.

2. Згідно з отриманими результатами за сучасної технології виробництва пінополістирол та мінеральна вата є рівноцінними матеріалами, їх виробництво не суперечить стратегії сталого розвитку, а тому вони надалі будуть широко застосовуватися.

3. Отримані результати можна доповнити іншими методиками оцінки життєвого циклу, які зокрема враховують вплив матеріалів на організм людини.

1. Нові тарифи на газ і тепло. Як це буде. [Електронний ресурс] // Українська правда / Від 28.04.2016. – Режим доступу: <http://www.epravda.com.ua/publications/2016/04/28/591053/>. [Online].
2. Ціни на газ для населення піднімуть удвічі, але за три роки [Електронний ресурс] // Дзеркало тижня. – 18.04.2014. – Режим доступу до вид.: http://dt.ua/economics/cini-na-gaz-dlya-naselennya-pidnimut-udvichi-ale-za-tri-roki-141921_.html [Online].
3. Ковалев И. Н. Рациональные решения при экономическом обосновании теплозащиты зданий / И. Н. Ковалев // Энергосбережение. – 2014. – № 8. – С. 14–19.
4. Маліновський А. А. Екологічна складова термомодернізації бюджетних та житлових будівель. / А. А. Маліновський, М. Й. Олійник, А. З. Музичак // III Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція “Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку-2016”. Збірник наукових праць. – Київ, 2016. – С. 111–112.
5. Системи Ceresit Ceretherm – сучасні та надійні рішення / ТОВ з ПІ “Хенкель Баутехнік (Україна), 2014. – 172 с.
6. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації – [Чинний від 01-07-2009] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 23 с.
7. Insulation materials – Product– category rules. The Norwegian EPBD Foundation.
8. Дайман С. Ю. Системи екологічного менеджмента для практиков / С. Ю. Дайман, Т. В. Островкова, Е. А. Заика, Т. В. Сокорнова; под ред. С. Ю. Даймана. – М.: Изд’во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. – 248 с.; илл.
9. ISO14044: 2006, Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.
10. Environmental impacts of the life cycle of thermal insulation materials of buildings / Nuno Gonçalo Sequeira Correia Pargana // Dissertation submitted to obtain the degree of Master in Environmental Engineering, 2012.
11. Податковий кодекс України. Остання редакція від 01.02.2016. Внесення змін (закон від 24.12.2015 №909-VIII /909-19/).
12. Karin Flury. Life Cycle Assessment of Rock Wool Insulation / Karin Flury, Rolf Frischknecht // ESU-services Ltd, 2012. – 27 p.
13. Утилізація отходов полистирольных пластиков [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://polimers.at.ua/publ/ utilizacija_otkhodov_polistirolnykh_plastikov/1-1-0-1629. [Online].
14. Баратов А. Н. Пожарная опасность строительных материалов [А. Н. Баратов, Р. А. Андрианов, А. Я. Корольченко, Д. С. Михайлов]. – М.: Стройиздат, 1988. – 380 с.