

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ З ВРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Дана загальна характеристика відомих вітчизняних і закордонних методів оцінки екологічної ефективності обладнання з точки зору його життєвого циклу. Виділено методи для оцінки життєвого циклу водогрійного котла малої потужності.

Теплогенерувальне обладнання малої потужності на твердому і газоподібному паливі широко застосовують для опалення квартир і будинків. Проблемою виробництва теплової енергії як водогрійними котлами малої потужності так і підприємствами комунальної теплоенергетики є забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами.

Під час спалювання газоподібного палива в навколишнє середовище викидаються продукти згорання: вуглекислий газ (CO_2), водяна пара (H_2O), незгоріле паливо: чадний газ (CO), водень (H_2), незгорілі вуглеводи (C_mH_n) і екологічно шкідливі нормовані забруднювачі: оксиди азоту (NO_2), поліциклічні ароматичні вуглеводи (ПАВ). Український ГОСТ [1] регламентує допустимі концентрації забруднюючих речовин в димових газах водогрійних котлів малої потужності лише для NO_x і CO . В той час як теплогенеруючих установок з газогенерацією взагалі відсутні будь – які норми концентрацій в продуктах згорання шкідливих речовин.

За даними міжнародного комітету по вивченню зміни клімату (IPPC)[2] між 1970 і 2004 роками загальні викиди CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC_s , PFC , SF_6 , виражені в потенціалі глобального потепління (GWP), збільшилися на 70% (на 24% за період від 1990р до 2004р), з 28,7 до 49 Гтон еквіваленту двоокису вуглецю ($\text{GtCO}_2\text{-eq}$). Більша частина цих викидів припадає на енергопостачальний сектор. На період з 1970 до 2004 року викиди від виробництва енергії збільшилися на 145%. Зростання прямих викидів від транспорту за цей період зріс на 120%, промисловості – 60%, використання та зміни землі, лісів – 40%.

Енергетичні показники теплогенерувального обладнання напряму пов'язані з екологічними, оскільки висока енергоефективність призводить до зменшення витрати палива на виробництво енергії, а звідси – до зменшення споживання кисню з атмосфери, викидання двоокису вуглецю CO_2 , NO_x та шкідливих речовин в навколишнє середовище.

На сьогоднішній день в Україні для оцінки інженерних рішень на практиці широко застосовується техніка – економічний аналіз, який полягає у визначенні мінімальних приведених затрат [3]. Згідно з цим методом перевага тому чи іншому виду обладнання надається з точки зору його найменшої вартості при однаковому енергетичному ефекті (н–д при однаковому відпуску теплової енергії). В наш час, коли проблема забруднення навколишнього середовища стоїть дуже гостро, потрібно звертати увагу не тільки на економічний ефект, а й на екологічні аспекти використання теплотехнічного обладнання. В Україні є відповідні центри сертифікації теплотехнічної продукції, де проводиться аналіз ефективності як з енергетичної так і з екологічної точки зору. Але не враховуються шкідливі викиди протягом життєвого циклу виробу. Тому метою даної роботи є аналіз відомих методів оцінки антропогенного навантаження на навколишнє середовище під час життєвого циклу, що можуть бути використані для оцінки ефективності теплогенерувального обладнання.

На протязі останніх 20 років за кордоном з'явилась тенденція оцінювати екологічну ефективність певної продукції чи системи на повному життєвому циклі (life cycle assessment – LCA)[4,5]. LCA – визнаний міжнародний підхід для визначення екологічних переваг матеріалів, виробів чи процесів, викладений в системі стандартів ISO14000.

Розроблений на основі цих стандартів метод включає оцінку всіх етапів існування виробу (отримання сировини, його первинну обробку, виготовлення виробу, транспортні операції, використання по призначенню, ремонт і обслуговування, демонтаж, вторинне використання матеріалів і утилізацію) з точки зору найбільш важливих аспектів дії на навколишнє середовище (дія на організм людини, виникнення кислотних дощів, забруднення атмосфери і води, дія на озоновий шар, виснаження запасів атмосфери і води, дія на озоновий шар, виснаження запасів викопних палив, затрати енергії).

В європейських країнах прийняті стандарти серії ISO регламентують оцінку антропогенного навантаження на природу на повному життєвому циклі обладнання (ISO 14040, 1997. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework; ISO 14041, 1998. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definitions and Inventory Analysis; ISO 14042, 2000. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment) [6]. В Україні система стандартів оцінки життєвого циклу продукції та послуг відсутня. Є лише декілька аналогів відповідним міжнародним стандартам [7,8,9]. LCA по визначенню SETAC [4,10]: це “процес оцінки екологічного впливу, що асоціюється з продуктом, процесом чи діяльністю, шляхом встановлення і кількісного визначення енергії і матеріалів, що використовуються і відходів в навколишнє середовище, а також оцінка можливості виконання екологічного покращення певного продукту, процесу чи діяльності”. Окрім енергетичного аналізу, метод передбачає оцінку впливу різних матеріалів на навколишнє середовище. Досить важко знайти кількісні показники, тому на сьогоднішній день підраховують виділення парникових газів (CO₂), викидів токсичних речовин в атмосферу і воду, кількості твердих відходів. Інші показники оцінюються якісними методами.

Стадії оцінки впливу життєвого циклу виробу включають [4]: визначення масштабу і діапазону досліджень (опис продукту, процесу чи діяльності, визначення кордону досліджуваної системи), інвентаризація даних, за допомогою якої визначаються екологічні навантаження, пов'язані із системою (встановлення кількості енергії, води і ресурсів використаних в процесі і викидів в навколишнє середовище), аналіз впливу (оцінка впливу викидів в навколишнє середовище) і інтерпретація (оцінка результатів аналізу інвентаризації і аналізу та вибору чи надання переваги продукту, процесу чи сервісу з точки зору найменшого його впливу на навколишнє середовище). На рис.1 представлені стадії оцінки впливу життєвого циклу котла на навколишнє середовище.

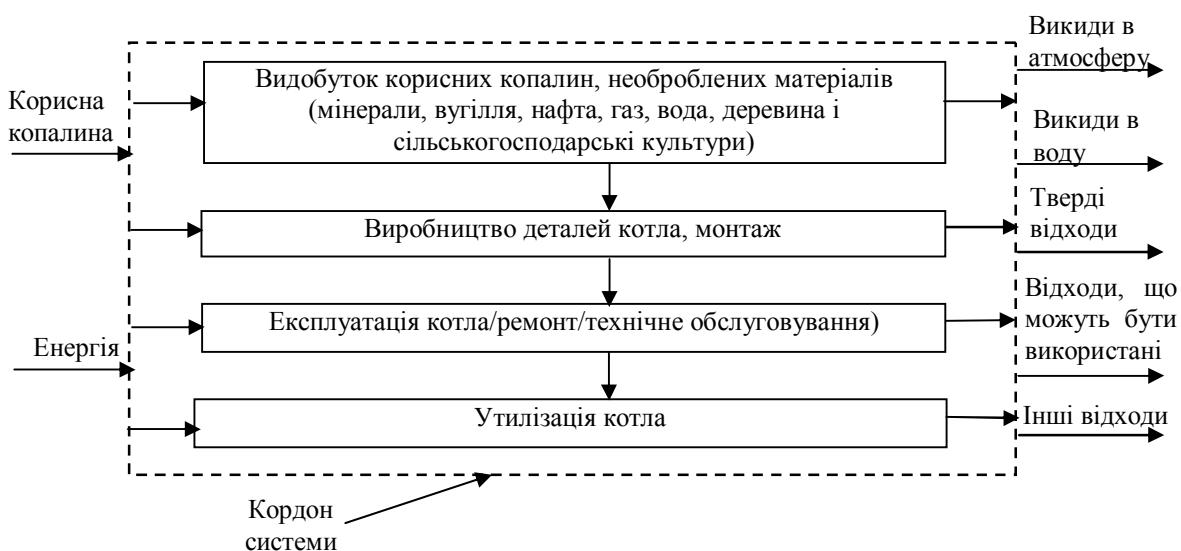


Рис.1. Стадії життєвого циклу котла

В нашій країні немає єдиної універсальної методики по визначенню екологічної ефективності обладнання на повному життєвому циклі. Відомі окремі роботи по визначенню екологічної ефективності використання біоенергетичного палива [11, 12]. В [13] запропоновано безрозмірний термoeкономiчний критерій E_{Σ}^* , який являє собою відношення сумарної вартості всіх видів продукції і ефектів за певний час (від

виробництва та реалізації високоякісних органічних добрив, від економії палива за рахунок одержаного біогазу, застереження забруднень біосфери, від економії води за рахунок повторного використання її на технологічні потреби тощо) до всіх видів витрат в ексергетичних (а якщо це потрібно і в грошових) одиницях. Недоліком цього методу є те, що він не враховує викиди в навколишнє середовище протягом життєвого циклу обладнання.

На державному рівні розроблена галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України [14]. Методика встановлює порядок визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу від комунальних котельних побутового сектора та окремих котлів при спалюванні природного газу вхідною тепловою потужністю менше 50МВт. Недоліком даної методики є те, що вона призначена лише для котлів великої потужності, які працюють на природному газі. Крім того, викиди розраховуються лише в період експлуатації котла, а життєвий цикл не береться до уваги.

Українськими вченими розроблена також методика розрахунку еквівалентної емісії парникових газів (ПЕЕПГ) в технологічних процесах виробництва будь – якої продукції [15, 16], а також визначення для неї ПЕЕПГ на життєвому циклі. Але, як стверджують автори методики, в Україні відсутня систематизована база даних по енергоємності продукції, починаючи з видобутку сировини, по енергоємності конструкційних матеріалів даної продукції, а також по нормах еквівалентної емісії парникових газів при виробництві різної сировини, матеріалів, тому задача розрахунку ПЕЕПГ за даною методикою дещо ускладнена. За кордоном для оцінки техногенного навантаження на природу під час життєвого циклу певного продукту широко застосовують методи “Eco – indicator 95” (EI-95) та “Eco-indicator 99” [17,18]. Це методи розроблені по Dutch NOH програмі сумісного проекту з Philips Consumer Electronics, NedCar, Oce Copiers, Schuurink, CML Leiden, TU – Delft, IVAM – ER [17]. В методі EI-95 застосовується 9 категорій впливу на навколишнє середовище: вичерпання озонового шару, важкі метали, канцерогенні речовини, літній смог, зимній смог, пестициди, парниковий ефект, окислення, еутрифікація [18]. Даний метод знайшов застосування в [10]

Метод Ei-99 є подальшою розробкою методу EI-95 з суттєвими доповненнями. Стандарти методу Ei – 99 можуть бути використані для:

- Матеріалів (показчики для процесів виробництва базуються на величині 1 кг)
- Процесів виробництва (обробка і виготовлення матеріалів, н–д 1м² листової сталі)
- Процесів транспортування
- Процесів утворення енергії (теплової і електричної)
- Процесів утилізації

В методі Eco – indicator 99 (Ei-99) використовується 3 категорії впливу життєвого циклу виробу:

1. Вплив на людське здоров'я (під цією категорією розуміють наслідки, що виникають від зміни клімату, виснаження озонового шару, наявності канцерогенів, іонізуючого випромінювання, дихання забрудненим повітрям).
2. Вплив на якість екосистеми (під цією категорією в методі включені ефекти: забруднення екосистеми, окислення, еутрифікація і використання земель).
3. Вичерпання запасів мінералів і викопних палив (категорія, що визначає додаткову енергію, необхідну в майбутньому для видобутку мінералів і викопних палив більш низької якості, вичерпання сільськогосподарських і основної частини таких ресурсів як каміння, гравій розглядається під терміном використання землі). Для оцінки впливу ЖЦВ в методі Ei-99 використовується безрозмірна величина Eco-indicator point (Pt), що обчислюється шляхом поділу загального навантаження на навколишнє середовище на кількість мешканців Європи і множенням на 1000 (приведення до масштабу). Застосування методу Ei-99 для оцінки впливу життєвого циклу водогрійних котлів на навколишнє середовище представлено рис.2.

Метод є ефективним для оцінки стадій життєвого циклу водогрійного котла малої потужності, оскільки він дозволяє оцінити не лише викиди в атмосферу під час роботи котла, а й вплив на людське здоров'я, вплив на якість екосистеми, вичерпання запасів мінералів і викопних палив.

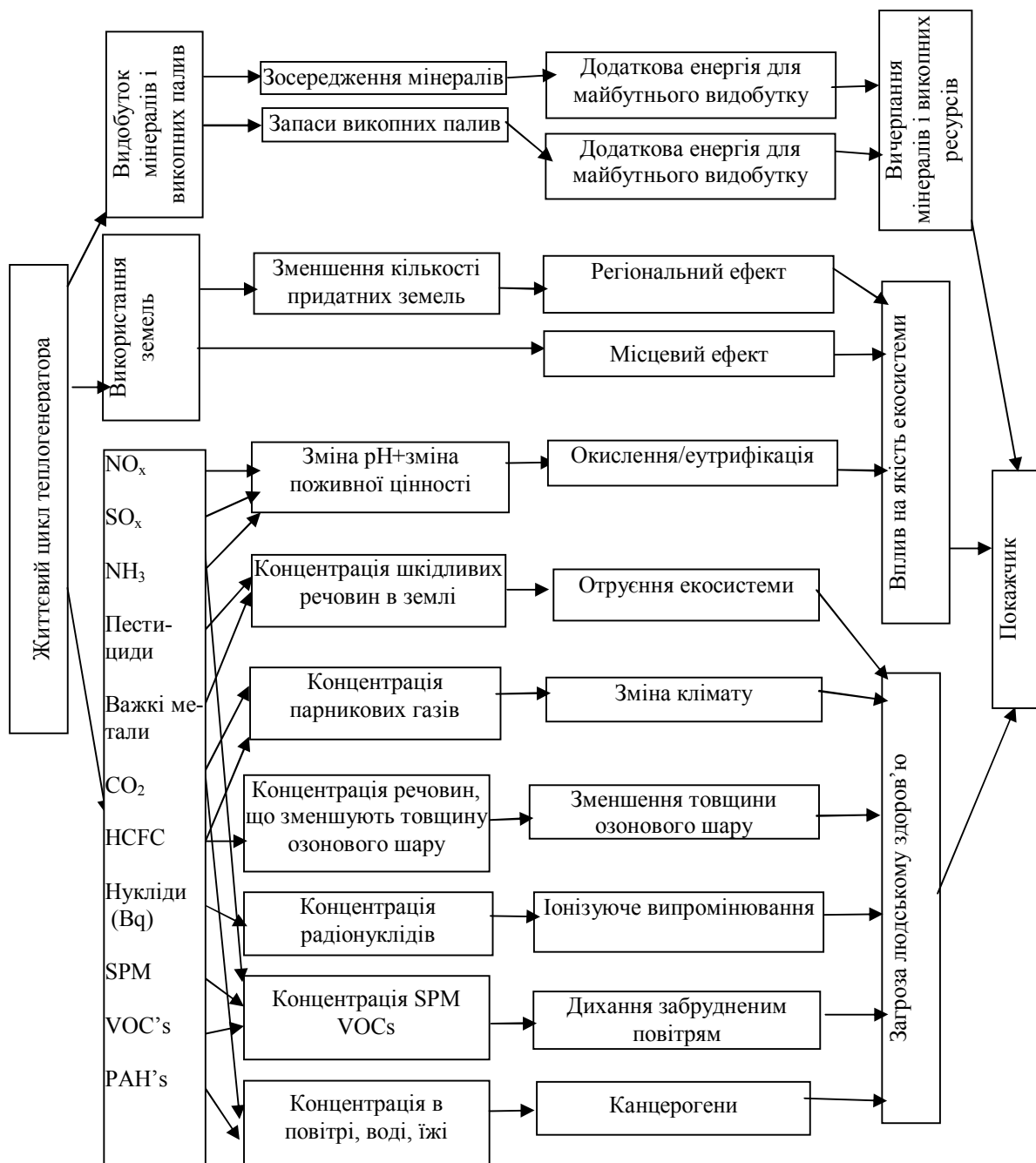


Рис.2. Категорії впливу життєвого циклу котла згідно методу Eco – indicator 99

У 2003 році [19] організації SETAC і UNEP запропонували поєднати всі типи впливу життєвого циклу через 14 підкатегорій (отруєння людей, респіраторний ефект, іонізуюча радіація, вичерпання озонового шару, фотохімічне окислення, забруднення землі токсичними речовинами, окислення землі, окислення води, еутрифікація води, використання земель, глобальне потепління, невідновлювальні джерела енергії, видобуток мінералів) в 4 категорії: небезпека людському здоров'ю, загроза якості екосистеми, зміна клімату, вичерпання ресурсів. Новий метод отримав назву "ІМПАСТ 2002+". В його основі покладені категорії впливу з методів Еі-99, СМЛ2000[20] і ІРСС [21]. Дані методи закладені в основу програмного забезпечення SimaPro 7 [22], яке застосовують для оцінки впливу життєвого циклу виробу більше ніж в 50 – и країнах світу. Використання цих методів для прямого розрахунку ускладнене, оскільки розробники методів в офіційних звітах не наводять розрахункових залежностей, крім того інтегрують відповідні бази даних у програмні продукти.

На сьогоднішній день відомо близько 25 програмних продуктів [4], що використовуються для оцінки і аналізу впливу життєвого циклу (або його складових) певного виробу на навколишнє середовище. Деякі програми створені у вигляді баз даних і доступні для вільного використання (н-д Gemis [23]), інші

доступні у вигляді демо-версій (н-д SimaProDemo7.0). Для користування основною частиною програм необхідні ліцензійні угоди з розробниками.

Висновки

Відомі методи оцінки ефективності теплотехнічного обладнання враховують окремі аспекти роботи обладнання: екологічну, енергетичну ефективність, вартість. На сьогоднішній день, коли проблема забруднення навколишнього середовища стоїть дуже гостро, необхідно звертати увагу і на ефективність технологій стадій виробництва обладнання, тобто оцінювати певний виріб з позицій повного життєвого циклу: починаючи від видобутку корисних копалин і закінчуючи утилізацією. За кордоном існують методи для оцінки антропогенного навантаження виробу під час життєвого циклу, розроблені відповідні стандарти серії ISO 14000 та програмні продукти. В Україні немає єдиної універсальної методики по визначенню екологічної ефективності обладнання на повному життєвому циклі. Національні стандарти, що відповідають міжнародним аналогам в оцінці життєвого циклу продукції та послуг лише розробляються, а програмних продуктів в цьому напрямку, наскільки нам відомо, немає. Авторами проаналізовано відомі методи оцінки ЖЦ виробу. Виявлено, що ефективним методом для оцінки стадій життєвого циклу водогрійного котла малої потужності є Еі-99, оскільки він дозволяє оцінити не лише викиди в атмосферу під час роботи котла, а й вплив на людське здоров'я, вплив на якість екосистеми, вичерпання запасів мінералів і викопних палив.

Література

1. ДСТУ 2326 (ГОСТ 10548 – 93) Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100кВт.
2. IPCC(2007). Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernment on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Режим доступу: www.ipcc.ch.
3. А.П. Мезенцев. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива. – Л.:Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1984. – 120с.
4. Life cycle assessment: principles and practice.EPA600/R – 06/060. May 2006/ National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, Ohio, USA. Режим доступу: <http://www.epa.gov/NRMRL/Access/pdfs/600r06060.pdf>
5. Ayat E.Osman, Robert Ries. Optimization for cogeneration systems in buildings based on life cycle assessment. ITcon Vol.11(2006). Osman and Ries, pg.269 – 284. Режим доступу до журналу: <http://itcon.org/2006/20/>
6. <http://www.iso.org>
7. ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:1997, IDT) / В. Лозанський (пер.і наук.-техн.ред.). — Офіц. вид — К. : Держспоживстандарт України, 2005. — IV, 10с. — (Національний стандарт України).
8. ДСТУ ISO 14041:2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу. Визначання цілі і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO 14041:1999, IDT) / В. Лозанський (пер.і наук.-техн.ред.), В. Мироненко (пер.і наук.-техн.ред.). — Офіц. вид — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — IV, 20с. — (Національний стандарт України).
9. ДСТУ ISO/TR 14049:2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу приклади використання ISO 14041 для визначання мети і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO/TR 14049:2000, IDT) / В... Лозанський (пер.і наук.-техн.ред.). — Офіц. вид — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — IV, 38с. — (Національний стандарт України).
10. Шестопалов К.А. Теплотехнические характеристики полимерных солнечных коллекторов для систем

- теплоснабження: Дис. ... канд. техн. наук:05.14.06/ Одес. гос. академия холода – 2005г – 212с.
11. Куріс Ю.В., Степанов Д.В., Ткаченко С.Й., Хейфец Р.Г. Розробка методики визначення емісії парникових газів при отриманні та використанні біоенергетичного палива. - К.: Енергетика та електрифікація, 2007. - №4. –С.57 – 63.
 12. Куріс Ю.В., Степанов Д.В., Ткаченко С.Й., Хейфец Р.Г. Емісія парникових газів в процесі спалювання біогазу. - К.: Енергетика та електрифікація, 2007. -№5. – С.33 – 38.
 13. Ткаченко С.Й., Коновалов С.В., Ларюшкин Е.П. Маловитратні режими біоконверсії. – Вінниця: Вісник ВПІ, 2000. – № 2. – С.36 – 40.
 14. Галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України. // Міністерство будівництва, архітектури та житлово–комунального господарства України. Наказ №67 від 16.03.2006. Режим доступу до закону: <http://uazakon.com/document/fpart24/idxx24031.htm>.
 15. Железный В.П., Быковец Н.П., Хлиева О.Я. Методика расчета эквивалентной эмиссии парниковых газов в промышленности. //Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. - №5. – с.34 –42.
 16. Биковец Н.П. Методика розрахунку еквівалентної емісії парникових газів у промисловості (нові індикатори для еколого–енергетичного аудиту та менеджменту) / Автореф. дис. ... канд. техн.. наук: 05.14.06 / Одеська. держ. академія холоду. – 2006р. – 20с.
 17. The Eco – indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report. 22 June 2001. Third edition. Mark Goedkoop, Renilde Spriensma. Режим доступу: http://www.pre.nl/download/EI99_methodology_v3.pdf.
 18. Eco–indicator 95. Manual for designers. Режим доступу: <http://www.pre.nl/download/EI95ManualForDesigners.pdf>.
 19. IMPACT 2002+: A new Life Cycle Impact Assessment methodology. International journal of LCA 8(6) p.324 – 330 (2003). O.Jolliet, M.Margni, R. Charles. Режим доступу до журналу: <http://www.epfl.ch/impact>.
 20. <http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/projects/lca2/index.html>
 21. Intergovernmental Panel on Climate Change. Режим доступу www.ipcc.ch.
 22. Програмне забезпечення Simapro7. Режим доступу до програми: http://www.pre.nl/simapro/download_simapro.htm.
 23. <http://www.oeko.de/service/gemis/en/index.html>

