

УДК 504:69.004.183

Є. М. ІНШЕКОВ, канд. техн. наук

О. С. ДРОБАХА, О. М. КОЗУБ

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПРОМИСЛОВІСТІ УКРАЇНИ. ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

В роботі розглянуто існуючі методи розрахунків викидів парникових газів при впровадженні енергозберігаючих проєктів в промисловості, виконано їх короткий аналіз щодо специфіки та можливості застосування. Визначено найбільш прийнятні у використанні методи для умов промисловості України.

В работе рассмотрены существующие методы расчётов выбросов парниковых газов при внедрении энергосберегающих проектов в промышленности, выполнено их краткий анализ относительно специфики и возможности применения. Определены наиболее приемлемые для использования методики в условиях промышленности Украины.

Постановка проблеми

Впровадження проєктів з енергозбереження є для України однією з найкращих можливостей зміцнення енергетичної безпеки, ефективного використання енергії та економічного зростання. Оскільки проблеми енергетики тісно пов'язані з екологією країни та зобов'язаннями по Кіотському протоколу важливо правильно розраховувати, порівнювати та аналізувати показники викидів парникових газів (ПГ). Розглянемо дану тему на прикладі промисловості будівельних матеріалів, яка має багатогалузевий характер, є однією з галузей важкої промисловості та найважливішою складовою будівельного комплексу. Виробництво будівельних матеріалів в Україні з кожним роком зростає. Найбільшу ринкову частку згідно статистичних даних Державного комітету статистики України складає виробництво цементу [1].

Важливі проблеми взаємозв'язку цементної промисловості та еволюції довкілля з урахуванням забруднюючих факторів та екологічних резервів визначають необхідність охоплення аспектів раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Дана галузь є одним з найбільших споживачів природної сировини, палива та енергії, а також спричиняє виділення значної кількості техногенного вуглекислого газу та аерозолів. Тому цементну промисловість включено в стратегію сталого розвитку економіки країни, основні принципи якої полягають у мінімізації витрат енергії та матеріальних ресурсів у процесі виробництва зі зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище[2].

Можливості використання механізмів Кіотського протоколу

Цементна промисловість виділяє значну кількість CO₂ при виробництві цементу (клінкеру). Важливим для аналізу є те, що це простий процес, в результаті якого виробляється однорідний продукт. Існує два джерела для виділення CO₂: спалювання палива та декарбонізація вапняку [3]. Потенціал для скорочень викидів CO₂ в Україні є достатньо великим. Але для того, щоб правильно визначити категорію виробництва, прослідкувати тенденцію викидів CO₂ в межах країни, необхідні перевірені та гарантовані національні дані про викиди CO₂ в цементній промисловості [4].

Кіотський протокол надає можливість пошуку інвестицій не тільки для зниження рівня викидів ПГ в атмосферу, а й суттєвого покращити енергоефективності промисловості. Серед прийнятних для України гнучких механізмів протоколу - «торгівля викидами» та «спільне впровадження». Основна різниця між цими двома механізмами в тому, що «торгівля викидами» полягає у продажі іншій країні своєї частки невикористаного встановленого обсягу викидів, а механізм «спільного впровадження» (СВ) генерує додаткове зниження парникових газів за

допомогою спільних інвестиційних проектів між компаніями [5].

Багато проектів енергозбереження в цементній промисловості можуть розглядатися як проекти СВ. Наприклад, зниження викидів промислових ПГ шляхом переходу від мокрого до (напів-) сухого технологічного процесу виробництва цементу; використанням шлаку чи зольного пилу як альтернативної сировини; використанням біомаси як палива; зменшенням вмісту шламу в цементі. Також проекти вдосконалення енергетичного циклу шляхом сумісного виробництво тепла та енергії; зниженням втрат тепла та енергії; використанням більш екологічних видів палива; модернізацією діючого / заміною застарілого обладнання (труб, вентилів, теплообмінників тощо).

Зі світових статистичних даних можна визначити найбільш зацікавлені в співпраці з Україною по механізмах Кіотського протоколу країни (рис. 1) [6].

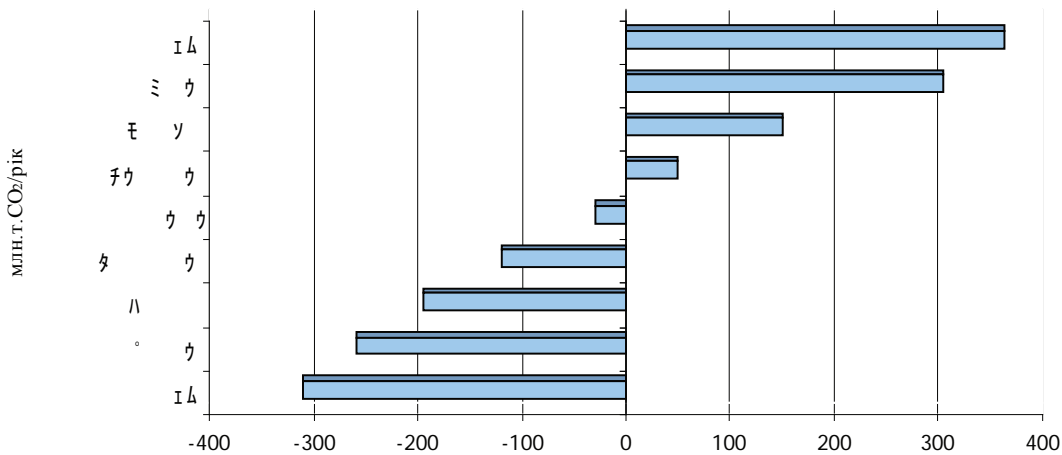


Рис. 1. Передбачуваний встановлений обсяг викидів країнами в 2010 р.

Зацікавленість країни-інвестора полягає в більш дешевому для неї способу виконання зобов'язань по Кіотському протоколу, а також в розповсюдженні нових технологій та розширенні ринку. Зацікавленість української промисловості - додаткові доходи, інвестиції в промисловість, покращення енергоефективності виробництва, використання новітніх технологій.

Цементна промисловість є однією з важливих ланок впровадження механізмів Кіотського протоколу завдяки своїй енергоємності та великому потенціалу зменшення викидів ПГ.

В Європі цементна промисловість вживає 6 млн. т альтернативного палива з відходів, що відповідає заміні 17 % потреби теплової енергії. Європейською асоціацією цементу (CEMBA-REAU) визначено такий перелік видів відходів, які можна використовувати як альтернативне паливо в цементних печах: живані шини, відпрацьовані мастила та розчинники, гума, відходи деревини, пластики, паперові відходи, осадки з виробництва паперу та стічних вод, тваринна їжа [7].

Цементну галузь в Україні представляють заводи, потенційна потужність яких становить майже 22 млн. тонн цементу на рік. Високопне паливо, ґрунтові води і мінерали повинні використовуватись з найвищою ефективністю, повторно перероблятися, а їх споживання скорочуватись за добровільного переходу до відновлюваних ресурсів [8].

Методи обчислення та порівняння показників викидів ПГ

Для розрахунків показників викидів ПГ розроблено багато методик та способів обчислення. До них відносяться індикатори енерговикористання, нормовані значення «Вказівок по охороні навколишнього середовища», методології для різних технологічних процесів, методики проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин та ін.

Розглянемо деякі з них, які можуть бути використані та вже використовуються в промисловості будівельних матеріалів в Україні.

Для того, щоб коректно порівнювати та характеризувати дані для розрахунків визначаються індикатори енерговикористання та викидів CO₂ цементної промисловості:

- енергетична інтенсивність клінкеру (ГДж/т клінкеру);
- доля альтернативного палива для виробництва клінкеру (%);
- електрична інтенсивність цементу (кВт/т цементу);
- повна енергетична інтенсивність цементу (ГДж/т цементу);
- викиди CO₂ на тону цементу (т CO₂/т цементу).

Індикатори ґрунтовані на фізичних співвідношеннях промисловості та пов'язані безпосередньо з технологією роботи. Вони можуть використовуватись для визначення потенціалу енергоефективності шляхом вдосконалення існуючої технології або використання нової.

На індикатори не впливають цінові зміни промислової продукції, оскільки індикатори, що враховують споживчу вартість, підлягають меншим похибкам від економічних коливань. Енерговикористання та викиди ПГ в промисловості можуть бути проаналізовані окремо й відрізнитись між країнами в залежності від того, які первинні продукти використовує країна для виробництва цементу. Згодом, завдяки більш ефективному моніторингу даних енерговикористання та викидів ПГ, індикатори будуть більш доступно використовуватись та враховуватись в розрахунках [6]. За допомогою індикаторів можна проаналізувати область використання проектів СВ для України порівняно з іншими країнами (рис.2).

Вуглецева інтенсивність може розглядатись як наближений показник потенціалу заміни палива країни (заміна палива з високим вмістом вуглецю на паливо з низьким).

Енергетична інтенсивність - як наближений показник економічного потенціалу для покращення ефективності використання енергії.

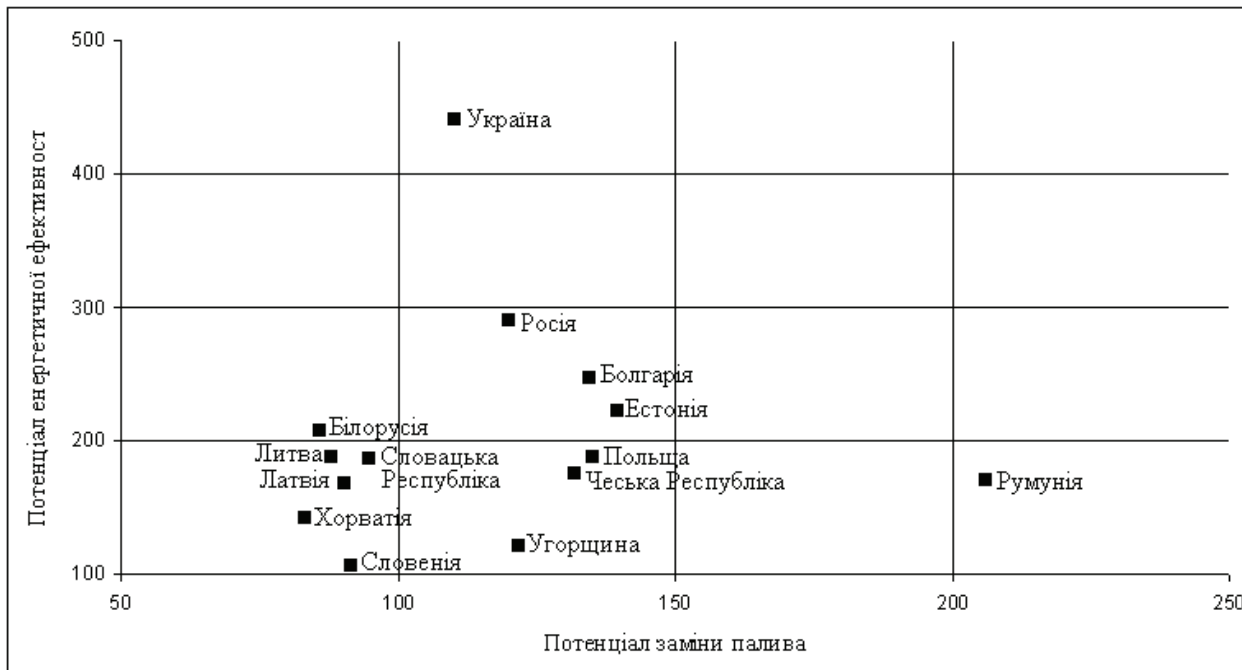


Рис. 2. Енергетична та вуглецева інтенсивність

Потенціал енергоефективності визначається як енергетична інтенсивність (використання енергії відносно покупної спроможності уточненої згідно ВВП) у відносних одиницях Європейського Союзу (ЄС=100).

Потенціал заміни палива визначається як вуглецева інтенсивність (викиди ПГ від використаної енергії) у відносних одиницях Європейського Союзу (ЄС=100).

Український потенціал енергоефективності становить 440 одиниць, а потенціал заміни палива – 110 одиниць [9].

Вказівками по охороні навколишнього середовища, здоров'я та праці для виробництва цементу наведено приклади міжнародної галузевої практики, що можуть використовуватись як технічні довідники та технічні рекомендації [10].

В табл. 1 приведені нормативи викидів для галузі цементного виробництва. Нормативні значення для викидів даної промисловості виступають показниками сформованої міжнародної практики виробництва, яка відображена у відповідних стандартах. Ці нормативи можуть бути виконані в звичайних умовах експлуатації на відповідним чином спроектованих та експлуатуємих промислових спорудах шляхом застосування методів запобігання та контролю викидів ПГ.

Таблица 1

Рівні викидів в атмосферу при виробництві цементу

Забруднювач	Одиниці вимірювання	Нормативне значення
Тверді частки (нова обертова піч)	мг/Нм ³	30
Тверді частки (діюча обертова піч)	мг/Нм ³	100
Пил (інші джерела викидів, включаючи охолодження клінкеру, подрібнення цементу)	мг/Нм ³	50
SO₂	мг/Нм ³	400
NO_x	мг/Нм ³	600
HCl	мг/Нм ³	10
Фтористий водень	мг/Нм ³	1
Загальний органічний вуглець	мг/Нм ³	10
Діоксани і фурани	мг ТЕQ/Нм ³	0,1
Кадмій і талій (Cd + Tl)	мг/Нм ³	0,05
Ртуть (Hg)	мг/Нм ³	0,05

Нормативи викидів розповсюджуються на викиди при технологічних процесах та можуть визначатись в залежності від місцевих умов.

В таблиці 2 приведені приклади використання ресурсів в галузі виробництва цементу з міжнародної практики, що може виступати показником ефективності роботи галузі та дозволить відслідковувати зміни в якості роботи на протязі часу [10].

Одним з основних способів розрахунку викидів ПГ на підприємствах цементного виробництва в Україні є використання методики проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин.

Серед останніх нормативних документів в цій сфері можна відмітити наступні.

За Наказом № 639 від 10.12 2008 р. Міністерством охорони навколишнього природного середовища України затверджена Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. За даною методикою визначається маса наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Розрахунок маси наднормативного викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду забруднюючих речовин, віднесеного до основних джерел викидів, здійснюється за формулою:

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot (q_{Bi} - q_{Внорм}) \cdot q_V \cdot T,$$

де m_i – маса наднормативного викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднюючої речовини, т;

q_{Bi} – середнє значення масової концентрації i -тої забруднюючої речовини, мг/м³;

$q_{Внорм}$ – значення затвердженого нормативу викиду i -тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, мг/м³;

q_V – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду i -тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних умов, м³/с.

Таблиця 2

Споживання ресурсів та енергії при виробництві цементу

Подача на одиницю продукції	Одиниці вимірювання	Контрольний показник галузі
Енергія палива при виробництві цементу	ГДж/т клінкера	3,0-4,2
Електроенергія при виробництві цементу	кВт·год/т еквівалента цементу	90-150
Електроенергія при роздрібненні клінкеру	кВт·год/т	40-45
Матеріали Заміна сировини, що використовується при виробництві клінкеру	%	2-10
Заміна сировини, що використовується при виробництві цементу	%	0-70/80 з доменним шлаком ≥0-30 з леткою золою

За Наказом №71 від 16.02 2009 р. Міністерством охорони навколишнього природного середовища України затверджено Перелік забруднюючих речовин на порогові значення потенційних викидів, за якими здійснюється державний облік.

Наприклад, деякі з них наведені в табл. 3:

Таблиця 3

Споживання ресурсів та енергії при виробництві цементу

Код	Найменування	Порогові значення викидів, тонн/рік
07000	Діоксид вуглецю CO ₂	500,0
12000	Метан CH ₄	10,0
04001	Оксиди азоту N ₂ O	1,0

Але у цих методик є суттєвий недолік – вони не враховують особливостей галузі виробництва та інших індивідуальних факторів.

Також для розрахунків викидів парникових газів використовуються *методології* для різних технологічних процесів, розроблені Рамковою Конвенцією ООН з питань зміни клімату.

Основні методології для процесів виробництва цементу:

– АСМ0003 «Зниження викидів шляхом часткового заміщення викопного палива альтернативними видами палива а паливом з більш низькими викидами ПГ при виробництві цементу»;

– АСМ0005 «Об'єднана методологія для підвищення ефективності змішування в цементній промисловості»;

– АМ0024 «Методологія для зниження викидів ПГ шляхом повернення скидного теплового потенціалу та його використання для виробництва електроенергії на цементних заводах» [11].

Порядок розрахунків виконується в декілька кроків, які визначені для кожної методології індивідуально. Розглянемо основні принципи побудови методик на прикладі АМ0024 «Методологія для зниження викидів ПГ шляхом повернення скидного теплового потенціалу та його використання для виробництва електроенергії на цементних заводах».

Проектна діяльність зменшує викиди CO₂ від електромережі при використанні відхідного тепла при виробництві цементу.

Скорочення викидів на протязі заданого року (y – параметр року) визначається за формулою:

$$ER_y = EB_y - PE_y$$

де EB_y – основні викиди за рік y , [т CO₂];

PE_y – проектні викиди через можливі зміни в споживанні палива при виробництві цементу в результаті проектної діяльності за рік y , [т CO₂].

Основні кроки розрахунків по методології:

1. Визначення технічно можливих альтернатив проектної діяльності.

2. Погодження з нормативними вимогами країни.

3. Проведення економічного аналізу всіх варіантів, які відповідають нормативним вимогам.

Також проводиться розрахунок скорочення викидів ПГ. Визначаються межі проектної діяльності (проектні викиди розраховуються, як різниця викидів CO₂ від використання викопного палива при виробництві клінкеру на одиницю продукції до та після впровадження проекту). Визначаються базові викиди та фактор викидів (основне джерело енергії електромережа або ідентифікується спеціальне джерело енергії). Проводиться аналіз проектної діяльності. В разі не врахування деяких джерел викидів (наприклад, будівництво електростанції, паливна обробка та ін.), їх визнають не значними та відносять до витоку [12].

Дані методології враховують специфіку галузі, для якої вони розроблені та можуть бути суміщені між собою за необхідності доповнити одна одну. На сьогоднішній день, саме ці методології є найбільш зручними для використання при розрахунках викидів ПГ та визначенні шляхів їх скорочення.

Важливим завданням є визначення показників та факторів даної галузі для України таким чином, щоб мати можливість використовувати їх в даних методологіях, враховуючи особливості розташування, технології, використання енергоресурсів та енергоспоживання промислового комплексу.

Висновки

1. Для цементної промисловості важливо, щоб методика при встановленні питомих норм викидів враховувала фактори особливості технологічного процесу:

– спосіб виробництва (сухий чи мокрий);

– типи пічних агрегатів;

– вид та питомі витрати палива;

– використання альтернативного палива;

– використання техногенних матеріалів в якості сировинних компонентів;

– стан пилоочисних установок та ін. [13].

2. Основною перешкодою у використанні даних методик є недостатність даних для обчислення та встановлення нормованих значень в даній галузі для України.

3. З огляду на міжнародну практику виникає необхідність введення програми моніторингу для промисловості будівельних матеріалів в Україні, яка охоплювала б всю діяльність, що потенційно може суттєво вплинути на рівень викидів ПГ в звичайних умовах

та в непередбачуваних ситуаціях. Проведення екологічного моніторингу викидів ПГ повинно ґрунтуватись на прямих і непрямих показниках викидів та використанні енергетичних ресурсів. Моніторинг необхідно проводити досить часто, щоб отримати репрезентативні дані для контролюємого параметру. Отримані дані можуть використовуватись для регулярного аналізу, вивчення та порівняння з діючими стандартами з метою прийняття будь-яких необхідних заходів для зменшення викидів ПГ та розробки методики їх обчислення з врахуванням місцевих особливостей галузі.

Список літератури

1. Державний комітет статистики України. Виробництво основних видів промислової продукції за 2003–2008 роки. Ел. ресурс – <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Соболев Х. С. Модифіковані композиційні цементы з додатками поліфункціональної дії: Дис... д-ра техн. наук; 05.17.11; Національний ун-т "Львівська політехніка". – Л.: 2006.– С. 285.
3. Global Carbon. Цементна промисловість. Ел. ресурс – <http://www.global-carbon.com/ua/sectors/cement-industry.html>
4. International energy agency. Tracking industrial energy efficiency and CO₂ emissions. OECD/IEA: 2007. – P. 324.
5. Інститут економічних досліджень та політичних консультацій в Україні. Україна та Кіотський протокол: значні перспективи та незначні досягнення. Ел. ресурс – <http://www.ier.kiev.ua>
6. Jan Pretel. PCF JI Project Cycle after CoP7 and Preparedness of EIT Countries. Ел. ресурс – <http://research.by/>
7. Проблеми використання та безпеки альтернативних видів палива під час виготовлення продукції з мінеральної сировини/ Хрущук С. Я., Мазурак О. Т., Мазурак А. В., Зубик С. В// Науковий вісник. – 2007, вип. 17.2. – С. 97.
8. Проблеми сталого еколого-економічного розвитку України: кроки до вирішення/ Федунь Ю. Б., Савицький М. А. – Національний ун-т "Львівська політехніка". – Л.: 2008.– С. 238.
9. IPM research center. German economic team in Belarus. Belarus and Kyoto Protocol: opportunities and challenges. Ел. ресурс – <http://research.by/>
10. International Finance Corporation. Cement and Lime Manufacturing. Ел. ресурс – <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>
11. United Nations Framework Convention on Climate Change. Ел. ресурс - <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved.html>
12. Approved baseline methodology AM0024 "Baseline methodology for greenhouse gas reductions through waste heat recovery and utilization for power generation at cement plants". Version 02.1 Ел. ресурс - <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved.html>
13. Сидорова А. Н. Охрана окружающей среды. Состояние нормативной экологической базы. Присоединение к Киотскому протоколу.– ЗАО НТК «Цемент». – К.: 2007. – С. 10.

METHODS FOR CALCULATION OF GREENHOUSE GASES EMISSIONS BY IMPLEMENTATION OF ENERGY SAVING PROJECT IN THE INDUSTRY OF UKRAINE. SPECIFIC OF THEIR APPLICATION

E. INSHEKOV, O. DROBAKHA, O. KOZUB

In this paper existing methods for calculations of greenhouse gases emissions by implementation of energy saving project in the industry are considered, is made their short analysis concerning specificity and application possibility. It is defined the most adapted for use in the conditions of the industry of Ukraine.

Поступила в редакцію 15.02 2010