

В. А. Лавренчук,
аспірант, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВВП ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ

У статті на підставі економетричних моделей проведено аналіз системи макроекономічних факторів впливу на показник енергоємності ВВП країни. Застосовано кластерний аналіз з метою виявлення спільних особливостей у процесі впровадження енергоефективних технологій. На основі проведених досліджень запропоновано шляхи вдосконалення політики енергозбереження.

The article is based on econometric models of the analysis of macroeconomic impacts of energy intensity of GDP. Applied cluster analysis to identify common features in the implementation of energy efficient technologies. On the basis of the studies suggested ways to improve energy saving policy.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, економетричний аналіз, енергоефективні технології, енергозбереження, енергоємність ВВП, кластерний аналіз, економічна безпека.

ВСТУП

Актуальність дослідження показника енергоємності ВВП країни полягає в обґрунтуванні нових можливостей для підвищення конкурентоспроможності галузей економіки через зменшення витрат паливно-енергетичних ресурсів. В умовах обмеженості запасів традиційних ПЕР пріоритетним напрямом роботи державних інституцій та приватних компаній є забезпечення їх раціонального використання. Важливим також є питання підвищення енергетичної безпеки країни в цілому, що дозволить знизити економічний та політичний тиск на Україну. Отже, практичне вирішення поставлених задач в повному обсязі є неможливим без визначення та оцінки ступеня впливу основних факторів на показник енергоємності ВВП.

Питання раціонального використання традиційних вичерпних паливно-енергетичних ресурсів, стимулювання розвитку альтернативної енергетики й енергоощадних технологій, а також ролі держави у даному процесі все частіше порушуються в наукових та політичних колах. Дослідження енергоефективності економіки України проводили такі видатні українські вчені-практики, як В.М. Геєць, М.М. Мітрахович, С.Ф. Єрмілов, О.М. Суходоля, А.К. Шидловський, Є.В. Ковальов. Аналізом енергоємності в розрізі дослідження ресурсозбереження займалась І.М. Сотник.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою даної роботи є визначення основних факторів впливу на показник енергоємності ВВП України, порівняння динаміки зміни даного ряду з аналогічними значеннями інших країн, а також побудова економіко-математичних моделей, за допомогою яких можливим буде надати обґрунтовані рекомендації стосовно покращення політики енергозбереження в Україні.

РЕЗУЛЬТАТИ

Енергоефективність — це поняття, що дозволяє охарактеризувати якісний стан економіки країни та забезпечити раціональність та виваженість у питанні споживання паливно-енергетичних ресурсів, за умови пануючих соціокультурних відносин та технологічного розвитку засобів виробництва. В свою чергу, термін "енергозбереження" відображає лише результат кількісного вимірювання економії паливно-енергетичних ресурсів [8].

Енергоефективність є більш складним та широким поняттям, ніж енергозбереження. На початковому етапі воно включає в себе заходи з кількісного зниження витрат ПЕР, тобто реалізацію принципу енергозбереження. В подальшому енергоефективність має стати елемен-

том культури ощадності для кожного члена суспільства, однією з необхідних умов існування конкурентоздатного підприємства.

Енергоємність ВВП — це показник, який визначається як відношення обсягу спожитих паливно-енергетичних ресурсів (зазвичай умовний нафтовий еквівалент) до фактичного валового внутрішнього продукту держави, порахованого за паритетом купівельної спроможності. За допомогою показника енергоємності ВВП оцінюється енергоефективність конкретних галузей та економіки держави в цілому:

$$e_{GDP} = TENC / GDP,$$

де — енергоємність ВВП;

— загальні витрати паливно-енергетичних ресурсів в умовному нафтовому еквіваленті;

— валовий внутрішній продукт, визначений в дол. США, за паритетом купівельної спроможності.

Розрахунок даного показника за єдиною методикою (показник ВВП країни розраховується за ПКС у дол. США, показник витрат ПЕР в умовному нафтовому еквіваленті) дозволяє проводити співставлення рівня раціональності у використанні паливно-енергетичних ресурсів в економіках різних країн, а також говорити про ефективність методів реалізації політики енергозбереження.

Використання показника енергоємності продукції дає змогу оцінити конкурентоспроможність конкретних підприємств галузі з точки зору оптимального використання паливно-енергетичних ресурсів, ефективного ведення підприємництва, залучення перспективних технологій. Зниження енергоємності продукції здатне додатково стимулювати ділову активність потенційних інвесторів даного підприємства.

Окрім суто економічної необхідності зниження показника енергоємності (за рахунок модернізації підприємств та виваженої державної політики), існують також політична та соціальна передумови детального дослідження даного питання. Застосування інноваційних енергозберігаючих технологій дозволяє говорити про зародження в країні "зеленого бізнесу", укорінення принципу соціальної відповідальності бізнесу, формування нової галузі енергоефективних підприємств, подібної до CleanTech у Швеції та Данії. Зменшення енергоємності продукції галузей та ВВП в цілому сприятиме підвищенню енергетичної незалежності країни, а отже, в перспективі зменшить небажаний зовнішній тиск на прийняття політичних та економічних рішень країни.

З метою дослідження спільних рис політики енергозбереження країн СНД, ЄС, Великої вісімки та представників ОПЕК проведено кластеризації даних по групі з 40 країн світу. Використавши ієрархічний кластерний аналіз за методом міжгрупових зв'язків та попередню

Енергоємність світового ВВП та ВВП України (кг. н. е./ дол. США)

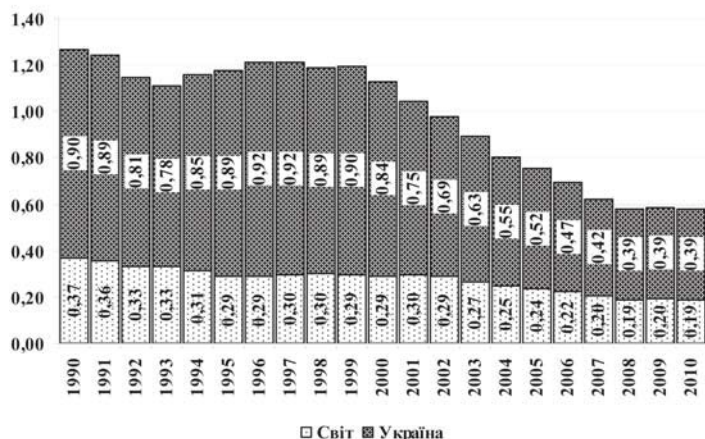


Рис. 1. Енергоємність світового ВВП та ВВП України, кг нафтового еквіваленту / дол. США

Джерело: побудовано за даними Світового банку та Міжнародної Енергетичної Агенції.

Таблиця 1. Порівняння основних показників енергоефективності різних країн у 2009 році

Країна	Населення, млн чол.	ВВП за ПКС, млрд дол. США за цінами 2000 року (темп зростання відносно попереднього року)	Споживання первинних енергетичних ресурсів, млн т н.е. (темп зростання відносно попереднього року)	СПЕР на одну особу, т н.е./чол	ЕВВП, кг н.е./дол. США
Світ	6761	64244 (+0,59%)	12150 (-0,95%)	1,8	0,19
ОЕСР	1225	32114 (-2,29%)	5238 (-3,39%)	4,28	0,16
Китай	1338	12434 (+12,48%)	2272 (6,62%)	1,7	0,18
Данія	5,52	161,21 (-5,56%)	18,61 (-2,05%)	3,37	0,12
Японія	127,33	3392,86 (-5,69%)	471,99 (-4,81%)	3,71	0,14
США	307,48	11357,07 (-3,28%)	2162,92 (-5,29%)	7,03	0,19
Польща	38,15	570,39 (+1,76%)	93,99 (-3,97%)	2,46	0,16
Росія	141,9	1530,15 (-7,33%)	646,91 (-5,80%)	4,56	0,42
Білорусь	9,66	93,18 (+2,75%)	26,76 (-4,94%)	2,77	0,29
Україна	46,01	288,25 (-15,10%)	115,47 (-15,18%)	2,51	0,4

Джерело: побудовано за даними Key World Energy Statistics. International Energy Agency, 2011.

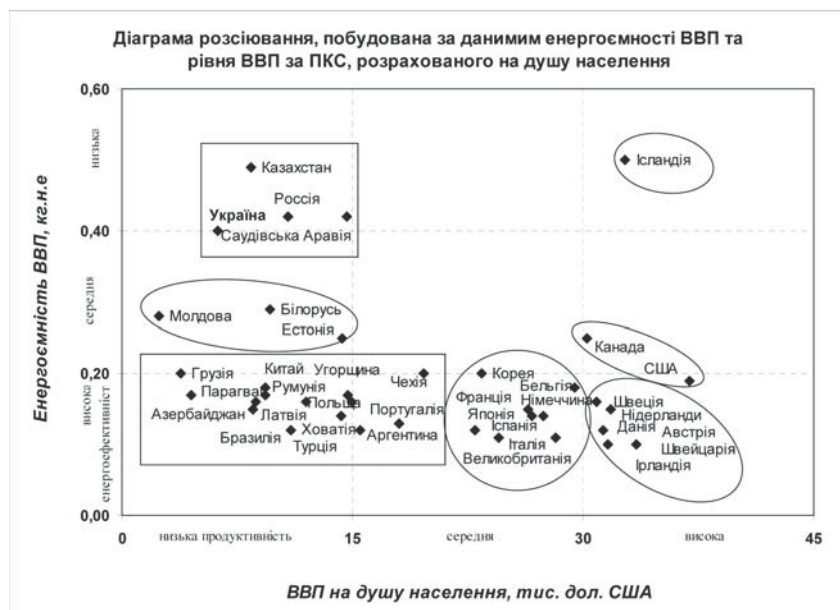


Рис. 2. Діаграма розсіювання, побудована за даними енергоємності ВВП та рівня ВВП за ПКС, розрахованого на душу населення

Джерело: розробка автора, побудовано за даними Key World Energy Statistics. International Energy Agency, 2011.

стандартизацію змінних методом z-шкал, отримуємо розподіл країн на оптимальну кількість кластерів. Діаграма розсіювання за змінною енергоємністю ВВП та ВВП на душу населення підтверджує логічність отриманих результатів та допомагає в описі профілів кластерів. Таким чином, отримано розподіл країн на 7 кластерів (рис. 2).

До першого кластеру потрапила Ісландія. Цей кластер характеризується низьким рівнем енергоефективності, проте високим рівнем ВВП на душу населення. Факт неефективного використання ресурсів додатково уповільнив відновлення країни після розриву мильної бульбашки наприкінці 2008 року, що була спричинена колосальним рівнем заборгованості чотирьох найбільших банків країни.

Другий кластер формують Канада та США. Ці країни характеризуються середнім рівнем енергоефективності та високим ВВП на душу населення. Слід звернути увагу на значні поклади корисних копалин в цих країнах, а також агресивну політику залучення ПЕР з інших країн, що дозволяє відтермінувати для даних держав гостре питання ефективного використання ПЕР. Відносно низька ціна на паливо та його надмірне використання — звичні явища для цих країн.

Третій кластер сформували такі країни, як Данія, Швеція, Швейцарія, Нідерланди. Представники цього кластера характеризуються найвищим рівнем ВВП на душу населення та кращими показниками ефективності використання ПЕР. Аналізуючи дані розвитку енергетичного сектора різних країн, слід зауважити, що для даних держав притаманний високий рівень розвитку альтернативної енергетики. Так, Данія лише за рахунок енергії вітру забезпечує 21,3% всієї електроенергії в мережі, Швеція за рахунок біомаси виробляють 20—25% тепла. [5, с. 70].

Четвертий кластер містить такі країни, як Німеччина, Італія, Іспанія, Японія. Ці держави наближаються за відповідними характеристиками до країн кластера 3. Здебільшого, дані країни складають основу міжнародного об'єднання G8 та є розвиненими промисловими державами.

П'ятий кластер містить найбільшу кількість країн. Це країни з високою енергоефективністю, проте порівняно низьким рівнем валового внутрішнього продукту на душу населення.

Шоста група містить такі країни, як Молдова, Білорусія та Естонія. Для них характерним є порівняно низький рівень ВВП на душу населення та середній рівень енергоефективності.

Сьома група країн (найгірша за відповідними характеристиками) містить Росію, Саудівську Аравію, Казахстан та Україну. Для них характерний високий рівень енергоємності ВВП та низький рівень ВВП на душу населення. Перші три країни є країнами видобутку ПЕР, а отже, питання раціонального споживання палива для цих країн на даному етапі не є першочерговим. Для України перебування в даній групі пов'язане з особливостями галузевої структури економіки, а саме — наявністю енергоємних галузей, таких як чорна металургія та виробництво добрив. Проте перебування в даному кластері є питанням часу, адже за висока ціна на основні енергоносії є реаль-

ним стимулом для модернізації основних фондів.

Для подальшого дослідження спробуємо проаналізувати фактори, що впливають на рівень енергоємності ВВП України. Для цього опишемо 20 факторів впливу, побудуємо кореляційну матрицю, проаналізуємо значущі коефіцієнти кореляції та для відповідних факторів побудуємо регресійні моделі. На основі отриманих моделей проаналізуємо коефіцієнти еластичності.

Для аналізу енергоефективності було проведено класифікацію факторів впливу (рис. 3) та проаналізовано 20 показників [6, с. 60; 7, с. 143]. Сформовано масив даних за 2002—2010 роки (табл. 2).

e_{GDP} — енергоємність ВВП України (кг.н.е./дол. США);

x_1 — темп зростання реальної заробітної плати (до попереднього року);

x_2 — темп зростання номінальної заробітної плати (до попереднього року);

x_3 — наявний доход у розрахунку на одну особу, грн.;

x_4 — реальний наявний доход, у відсотках до відповідного періоду попереднього року;

x_5 — сукупні витрати в середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство, грн.;

x_6 — структура сукупних витрат домогосподарств: житло, вода, електроенергія, газ та інші види палива, %;

x_7 — структура сукупних витрат домогосподарств: житло, вода, електроенергія, газ та інші види палива, грн.;

x_8 — ІСЦ на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива;

x_9 — індекс споживчих цін (ІСЦ);

x_{10} — ІЦВ: видобування енергетичних матеріалів;

x_{11} — ІЦВ: виробництво та розподілення електроенергії, газу та води;

x_{12} — індекс цін виробників промисловості (ІЦВ: промисловість);

x_{13} — інвестиції в основний капітал (млн грн.);

x_{14} — капітальні інвестиції (млн грн.);

x_{15} — прямі іноземні інвестиції в Україну;

x_{16} — експорт (млн дол. США);

x_{17} — імпорт (млн дол. США);

x_{18} — питома вага підприємств, що впроваджували інновації, %;

x_{19} — обсяг виконаних наукових та науково-технічних робіт, млн грн.;

x_{20} — рівень тінізації економіки (методика Держкомстату України).

Проведемо кореляційно-регресійний аналіз вхідних даних моделей. За критерієм відбору "значущі коефіцієнти кореляції" отримуємо перелік з 12 факторів (табл. 3).

Для оцінки впливу соціально-економічних факторів на розвиток процесів енергозбереження у дослідженні було використано показник наявного доходу у розрахунку на одну особу (X_3).

$e_{GDP} = 0,657 - 0,0000181 \cdot x_3$
 Модель є адекватною (за F-критерієм Фішера), коефіцієнт — значущим (за t-критерієм Стюдента). Коефіцієнт детермінації становить 0,81. Отже, модель може бути використана для подальшого аналізу. Середній коефіцієнт еластичності становить -0,33. Ця інформація дозволяє зробити висновок, що при збільшенні на 1% рівня наявних доходів на душу населення

рівень енергоємності ВВП впаде на 0,33%. Дослідження показника сукупних витрат у розрахунку на одне домогосподарство за місяць (X_5) також дозволяє провести оцінку соціально-економічних чинників енергоефективності.

Класифікація факторів енергозбереження

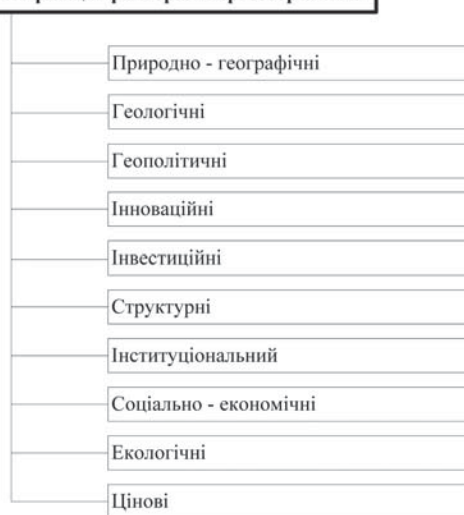


Рис. 3. Класифікація факторів енергозбереження

Джерело: [6, с.60; 7, с.143].

Модель є придатною для аналізу за попередньо визначеними критеріями. Коефіцієнт детермінації становить 0,71. Середній коефіцієнт еластичності дорівнює -0,56, отже, при збільшенні на 1% рівня сукупних витрат на душу населення рівень енергоємності ВВП зменшиться на 0,56%. Цей висновок підтверджує теорія природної раціональності індивідів.

Розвиваючи тему ролі домогосподарств у реалізації політики енергозбереження, доцільним є розглянути показник, що відображає структуру їх сукупних витрат, а саме — витрати на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива (X_7).

$e_{GDP} = 0,696 - 0,002 \cdot x_7$
 Дана модель придатна до аналізу; коефіцієнт детермінації становить 0,72. Середній коефіцієнт еластичності

Дана модель придатна до аналізу; коефіцієнт детермінації становить 0,72. Середній коефіцієнт еластичності

Таблиця 2. Вхідні дані моделі

Показник	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
e_{GDP}	0,686	0,626	0,552	0,518	0,472	0,418	0,391	0,387	0,39
X_1	118,2	115,2	123,8	120,3	118,3	112,5	106,3	90,8	110,2
X_2	121	122,8	127,5	136,7	129,2	129,7	133,7	105,5	120
X_3	2938	3400,3	4468,4	6332,1	7771	10126	13716,3	14372,8	18485,6
X_4	118	109,1	119,6	123,9	111,8	114,8	107,6	90	117,1
X_5	658,3	736,8	903,5	1229,4	1442,8	1722	2590,4	2754,1	3072,7
X_6	10,5	10,4	9,7	8,5	9,6	10,9	9,1	9,4	9,3
X_7	44,78	56,29	58,88	55,96	70,73	98,48	111,88	135,62	160,15
X_8	102,3	104,3	107,1	109	134,1	142,5	114,2	125,5	109,4
X_9	100,8	105,2	109	113,5	109,1	112,8	125,2	115,9	109,4
X_{10}	110,4	113	126,4	126,3	117,1	128,4	107,7	110,6	139,1
X_{11}	107	101,9	113	113,1	123,4	120,9	142,2	103,9	112,5
X_{12}	105,7	111,1	124,1	109,5	114,1	123,3	123	114,3	118,7
X_{13}	37178	51011	75714	93096	125254	188486	233081	151777	1506671
X_{14}	46563	59899	89314	111174	148972	222679	272074	192878	189061
X_{15}	4555,3	5471,8	6794,4	9047	16890	21607,3	29542,7	35616,4	40053
X_{16}	17957,1	20679,4	32672,3	34286,8	38367,7	49248,1	66967,3	39695,7	51430,5
X_{17}	16976,8	20344,3	28996	36141,1	45034,5	60669,9	85535,3	45433,1	60739,9
X_{18}	14,6	11,5	10	8,2	10	11,5	10,8	10,7	11,5
X_{19}	2496,8	3319,8	4112,4	4818,6	5354,6	6700,7	8538,9	8653,7	9867,1
X_{20}	42	39	28	29	30	28	31	32	34

Джерело: побудовано за даними Державного комітету статистики України, Світового банку, ОЕСР та Міжнародної Енергетичної Агенції.

Таблиця 3. Перелік факторів моделі, що мають значущий коефіцієнт кореляції

Показник	Коефіцієнт	Вплив
X ₃	0,004	незначущий
X ₅	0,004	незначущий
X ₇	0,004	незначущий
X ₁₃	0,004	незначущий
X ₁₄	0,004	незначущий
X ₁₅	0,004	незначущий
X ₁₆	0,004	незначущий
X ₁₇	0,004	незначущий
X ₁₈	0,004	незначущий
X ₁₉	0,004	незначущий
X ₂₀	0,004	незначущий

Джерело: розробка автора, побудовано за даними Державного комітету статистики України, Світового банку, ОЕСР та Міжнародної Енергетичної Агенції.

дорівнює -0,36. Таким чином, при збільшенні на 1% рівня витрати на житло, воду, електроенергію та паливо рівень енергоємності ВВП знизиться на 0,36%.

Дослідження інвестиційних факторів впливу доцільно проводити на базі вивчення таких показників, як капітальні інвестиції (X₁₄) та прямі іноземні інвестиції (X₁₅).

$$e_{GDP} = 0,689 - 0,0000132 \cdot x_{14}$$

$$e_{GDP} = 0,819 - 0,0000139 \cdot x_{15}$$

Моделі є адекватними. Коефіцієнти детермінації становлять 0,86 та 0,73 відповідно. Середній коефіцієнт еластичності для першої моделі складає -3,96, для другої — -0,53. Таким чином, при збільшенні на 1% рівня капітальних інвестицій, рівень енергоємності ВВП знизиться на 3,96%. Цей висновок обґрунтовує твердження, про провідну роль капітальних інвестицій у формуванні традицій енергоощадного господарювання та ефективного підприємництва.

При збільшенні на 1% рівня прямих іноземних інвестицій, рівень енергоємності знизиться на 0,53% (від середнього значення), що підтверджує теорію значного впливу іноземного капіталу на модернізацію та вдосконалення технологій виробництва, зміну принципів управління, запозичення схем найкращого ведення бізнесу ("Best practice").

Враховуючи структурні фактори, необхідним є проведення дослідження експортно-імпортних відносин статистично і можна оцінити як показники експорту (X₁₆) й імпорту (X₁₇) товарів та послуг:

$$e_{GDP} = 0,730 - 0,0000151 \cdot x_{16}$$

$$e_{GDP} = 0,730 - 0,0000151 \cdot x_{17}$$

Побудовані моделі є адекватними й придатними до подальшого аналізу. Коефіцієнти детермінації дорівнюють 0,81 та 0,77 відповідно. Коефіцієнти середньої еластичності складають -0,58 та -0,46. Таким чином, можна зробити висновок про зниження рівня енергоємності ВВП України на -0,58% та -0,46% відповідно при збільшенні експорту та імпорту на 1%.

Збільшення імпортованих товарів матиме позитивний вплив на впровадження енергоефективних технологій, що пояснюється ввезенням новітнього, енергоощадного обладнання та сучасних технологій будівництва. Проте цей ефект буде зберігатися лише за умови паралельного збільшення експортних потоків з країни.

Розглядаючи інноваційні чинники енергозбереження, доцільним є проаналізувати показник, що характеризує рівень виконання наукових та науково-технічних робіт (X₁₉).

$$e_{GDP} = 0,923 - 0,0000663 \cdot x_{19}$$

Дана модель придатна до аналізу; коефіцієнт детермінації становить 0,87. Середній коефіцієнт еластичності дорівнює -0,80%. Таким чином, при збільшенні на 1% рівня фінансування науково-технічних робіт енергоємність ВВП України знизиться на 0,8%.

Остання модель враховує рівень тінізації економіки країни за методом Держкомстату України (X₂₀), що входить до групи інституційних факторів впливу:

$$e_{GDP} = 0,031 - 1,42 \cdot x_{20}$$

Моделі є придатною до аналізу за попередньо визначеними критеріями. Коефіцієнт детермінації становить 0,65. Середній коефіцієнт еластичності дорівнює 0,94%. Таким чином, при зростанні рівня тіньової економіки на 1% ми будемо спостерігати збільшення рівня енергоємності ВВП на 0,94%. Отже, вагоме збільшення тіньового сектора неодмінно призведе до значного збільшення витрат електроенергії. Даний принцип реалізується в "електричному" методі розрахунку рівня тіньової економіки, при якому перевитрати електроенергії відносно приросту ВВП розглядаються як витрати на тіньове виробництво.

ВИСНОВКИ

Дане дослідження обґрунтовує ряд рекомендацій, стосовно підвищення рівня економічної безпеки та реалізації політики енергозбереження України. Для досягнення сучасних стандартів енергоефективності необхідним є впровадження наступних заходів:

- вдосконалення законодавчої бази для реалізації Енергетичної стратегії України;
- корекція положень стратегії відносно уточнених прогнозів показників розвитку економіки країни;
- формування чітких прозорих процедур реалізації намірів Енергетичної стратегії України, виконання Закону України "Про енергозбереження" в питанні розвитку альтернативної енергетики та відповідальності домогосподарств та підприємств за недбале використання ПЕР;
- реалізація проекту податкових пільг для підприємств, що імпортують енергоефективне обладнання; запобігання зловживанням та тіньовим схемам на базі даного проекту;
- збільшення фінансування науково-дослідних програм, що сприяють ефективному використанню ПЕР;
- підвищення культури ефективного використання енергоресурсів населенням через освітні та інформаційні заходи.

Література:

1. Key World Energy Statistics / International Energy Agency. — 2011.
2. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році / С.Ф. Єрмілов, В.М. Геєць, Ю.П. Яценко, В.В. Григоровський, В.Е. Ліп та ін. — К., НАЕР, 2009. — 93 с.
3. Корінний С.О. Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу та можливості використання енергозбереження підприємствами // Держава та регіони. — 2011. — № 6. — С. 88—92.
4. Лавренчук В.А. Важливість питання енергоефективності для економіки України // Вісник Київського національного університету дизайну та технологій. — Київ: "Вісник КНУТД". — 2010. — № 5 (т.5) — С. 81—88.
5. Лавренчук В.А. Державне регулювання альтернативної енергетики як фактор сталого розвитку економіки // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць. — К., 2010. — № 10 (113). — С. 69—73.
6. Лавренчук В.А. Систематизація факторів енергозбереження // Економіка, соціологія і право: журнал научних публікацій. — 2011. — № 12 (декабрь). — Москва: Изд-во "Литера", 2011. — С. 59—60.
7. Сотник І.М. Моделювання макроекономічних факторів ресурсозбереження в Україні // Механізм регулювання економіки. — 2009. — № 4 (т.1). — С. 143—154.
8. Суходоля О.М. Енергоємність валового внутрішнього продукту: тенденції та чинники впливу // 36. наук. пр. Національної академії державного управління при Президенті України. — 2003. — № 2. — С. 140—149.

Стаття надійшла до редакції 17.08.2012 р.