

*О.І. Кепко, кандидат технічних наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва
В.М. Кепко, кандидат економічних наук, доцент
Білоцерківський національний аграрний університет
О.С. Пушка, кандидат технічних наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва*

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ПАЛИВА В ІНДИВІДУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

Анотація. Основою традиційних методик порівняння ефективності використання різних видів енергоносіїв є нормативні коефіцієнти ефективності капіталовкладень та терміну окупності, які в наш час, при нестабільній цінній політиці стали не актуальними. Тому актуальною є необхідність короткострокового прогнозування ефективного використання енергоносіїв.

На даний час чимало фізичних та юридичних осіб при вирішенні проблеми вибору енергоносія для опалення соціальних та виробничих об'єктів передбачають при будівництві різні види опалювального обладнання, тобто встановлюють декілька котельних агрегатів на різних видах палива, або агрегати, які дозволяють використовувати кілька видів палива. В статті проводиться аналіз ефективності використання різних видів енергоносіїв в залежності від об'ємів їх споживання та часу доби, ціни на паливо та витрат на його транспортування на основі порівняльного аналізу вартості використання енергоносіїв в залежності від їх енергомісткості.

Ключові слова. Енергомісткість, енергоносії, паливо, вартісний еквівалент, відносний вартісний еквівалент, коефіцієнт використання.

Постановка проблеми. Головним завданням яке ставиться в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року (ЕСУ) є підвищення енергетичної безпеки України. Так, згідно ЕСУ, планується зменшення енергетичної імпортозалежності країни з 51,6% у 2015 році до 33% у 2035 році. [1]. Причому імпортозалежність України по газу складає 75%, по нафті і нафтопродуктам 85% [2].

Необхідно відмітити, що енергоємність валового внутрішнього продукту в Україні в 3 рази вища ніж у розвинених країнах світу [2].

Досить складною, щодо ефективності використання енергії, є ситуація у житлово-комунальному комплексі. Домогосподарства в загальній структурі енергоспоживання в 2016 р. мали частку 34,1%, що є вищим за показник промисловості – 29,0% [3]. В Україні середнє питоме річне енергоспоживання житлового фонду становить 250-270 кВт·год/м², що майже вдвічі перевищує показники країн Європи з близькими кліматичними умовами [4]. Причому, більша частина житлового фонду була побудована ще у Радянський час, а його модернізації заважає низька купівельна спроможність населення.

Структура енергоносіїв, що використовуються в домогосподарствах

наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Енергетичний баланс України за видами енергоносіїв в домашніх господарствах, %*

Рік	Вугілля й торф	Нафто-продукти	Природний газ	Біопаливо та відходи	Електро-енергія	Тепло-енергія	Усього
2016	1,56	0,65	52,80	8,56	17,57	18,86	100,0
2015	1,83	0,08	54,87	6,63	19,23	17,36	100,0
2014	1,42	0,16	57,61	5,25	16,44	19,12	100,0
2013	3,11	0,13	57,51	4,24	15,15	19,86	100,0
2012	3,05	0,3	58,64	3,99	14,08	19,95	100,0

* за даними Державної служби статистики України [5].

З даних таблиці 1 видно, що частка нафтопродуктів в енергобалансі домогосподарств зменшувалась, окрім 2016 року, також поступово зменшувалась частка природного газу. Так, у 2016 році використання природного газу в Україні у порівнянні з 2015 роком скоротилось на 0,6 млрд.м³ (з 33,8 до 33,2 млрд.м³, – 2%) [6]. В свою чергу стабільно зростає частка використання біопалива та відходів. Але газ залишається основним джерелом енергії.

Згідно ЕСУ планується зменшити енергоспоживання домогосподарств за рахунок «підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій у будівлях (теплоізоляція стін, дахів і підвалів, заміна вікон і дверей), заміна та/або встановлення енергоефективного обладнання (котлів, бойлерів, рекуператорів тепла, автоматичних систем керування та ін.), проведення заходів із забезпечення регуляції споживання теплової енергії з боку споживача (заміна центральних теплових пунктів індивідуальними, реконструкція внутрішньобудинкових теплових мереж, встановлення загальних будинкових та індивідуальних регуляторів теплоспоживання)» [1], в тому числі за рахунок «формування місцевих систем тепlopостачання на основі економічно обґрунтованого врахування потенціалу місцевих видів палива, логістики постачання, регіональної та загальнодержавної енергетичної інфраструктури» [1].

В зв'язку з цим правильний вибір енергоносія та опалювального

обладнання, що безпосередньо впливає на клас енергоефективності будівель [7], впливає на загальні витрати енергії, і як наслідок на їх ринкову вартість. Також при виборі енергоносія необхідно враховувати політичні, економічні та екологічні ризики [8], які пов'язані, зокрема, з поточною та довгостроковою кон'юктурою цін на енергоресурси, які, зокрема, залежать від розвитку технологій та нестабільної політичної ситуації, а це безпосередньо впливає на вартість енергоресурсів. Чималий вплив на вибір енергоносія в Україні мають і дотації, які не є стимулом для ефективного їх використання.

Одним із напрямків зменшення енергетичної залежності є оптимізація енергоспоживання, в тому числі і із використанням місцевих енергоресурсів. Наприклад, в роботі [9] автори стверджують що «...при щорічному обсязі згоряння соломи в розмірі 30 млн.тонн загальна кількість отриманого природного газу становитиме 10,9 млрд.м³. У цих умовах додаткові інвестиції на підготовку та згоряння соломи складуть 14,6 млрд.грн., і термін їх окупності становитиме від 1,2 до 1,3 року».

Тому раціональне споживання енергоресурсів, при нерівномірному зростання цін та тарифів на енергоносії, в цьому сегменті енергоспоживачів є питанням актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам енергетичної безпеки, прогнозуванню структури енергозабезпечення та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів в Україні присвячені наукові праці В. Андрійчука, І. Карпи, Г. Панченко, В. Розена, Б. Сизоненко, Ш. Шидловського та інших провідних науковців.

Серед вітчизняних учених дослідженням та вдосконаленням теорії та практики питань енергоефективності та механізмів її досягнення займаються М. Гнідий, Г. Голуб, С. Денисюк, Г. Дзяна, В. Дубровін, В. Жовтянський, М. Ковалко, М. Кулик, С. Кухарець, С. Лук'янець, М. Мельничук, М. Мітрахович, О. Новосельцев, Ю. Полякова, М. Рапцун, О. Суходоля, Ю. Шульга та ін. Незважаючи на значну кількість теоретичних та практичних напрацювань, механізми досягнення енергетичної ефективності економіки

потребують подальшого дослідження. Недостатнє висвітлення на теоретичному та емпіричному рівнях, важливості та актуальності питань енергоефективності економіки та механізмів її досягнення зумовили вибір теми нашого дослідження.

На нашу думку, тенденцію споживання енергоресурсів на душу населення необхідно пояснювати, беручи до уваги ефективність використання енергоресурсів саме сектором домогосподарств. З цією метою можна використати запропонований показник СЕР – середнє споживання електроенергії домогосподарствами на душу населення [10].

Як зазначають С. Єрмілов, В. Геєць та ін. в Україні при переході до ринкових умов господарювання, незважаючи на істотне зростання цін і тарифів на енергоресурси вони не стали стимулом енергоефективності [11]. Директивне, а не економічно обґрунтоване ціноутворення у поєднанні з недосконалістю обліку споживання енергоресурсів спричинило до перехресного субсидування споживачів та до енергетичного марнотратства. Також намітилась тенденція до неконтрольованої вирубки лісу на дрова.

Чимало власників домогосподарств, при вирішенні проблеми вибору енергоносія для опалення соціальних та виробничих об'єктів, передбачають при будівництві різні види опалювального обладнання, тобто встановлюють декілька котельних агрегатів на різних видах палива, або агрегати, які дозволяють використовувати кілька видів палива. Тому, враховуючи те, що ціни на енергоносії постійно змінюються, виникає необхідність вибору енергоносія для опалення, виходячи із його вартості та вартості його транспортування на даний час. На рисунках 1 і 2 представлені графіки динаміки зміни тарифів на електроенергію та газ для потреб опалення для населення. Ціни на інші види палива коливаються в значних межах в залежності від регіону видобутку або виробництва палива та його продавця, що ускладнює отримання достовірних даних щодо його вартості та динаміки зміни цін [12]. Але для порівняльного аналізу необхідно враховувати нині діючі ціни та тарифи на період який моделюється для території де розташовується

ДОМОГОСПОДАРСТВО.

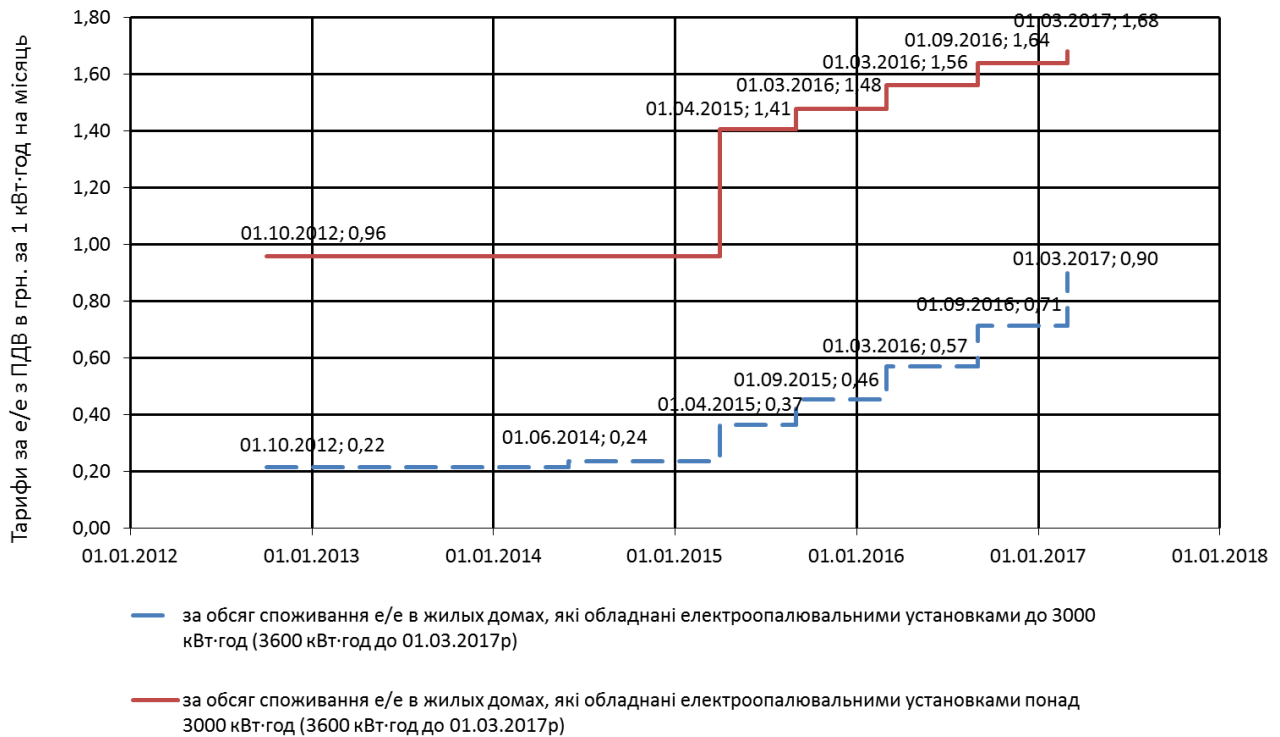


Рис. 1. Динаміка зміни тарифів на електроенергію для потреб опалення для населення (за даними [13,14])

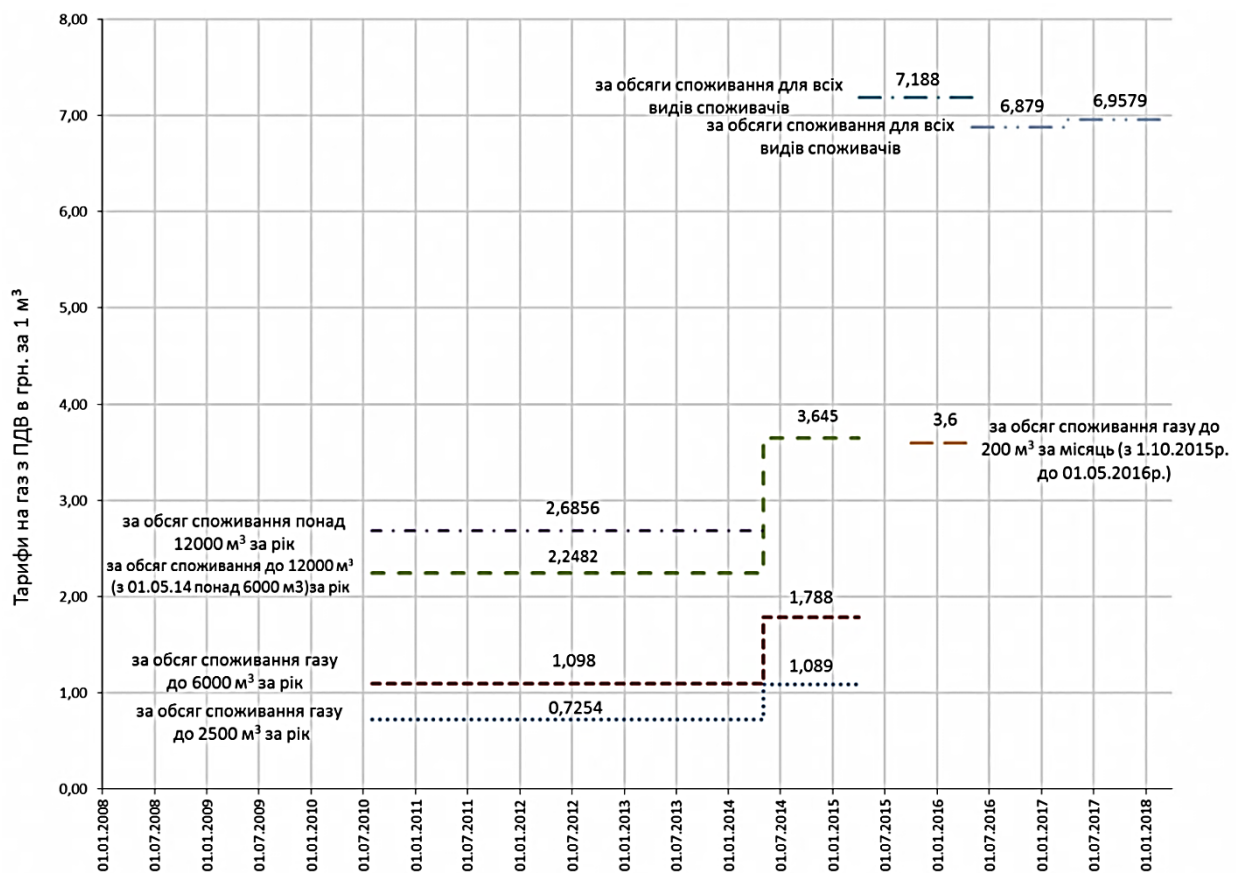


Рис. 2. Динаміка зміни тарифів на газ для населення (за даними [13,14])

Основою традиційних методик порівняння ефективності використання різних видів енергоносіїв є нормативні коефіцієнти ефективності капіталовкладень та терміну окупності, які в наш час, при нестабільній ціновій політиці стали не актуальними. Тому актуальною є необхідність короткострокового прогнозування ефективного використання енергоносіїв.

Аналіз вартості 1 МДж тепла, при зміні цін та тарифів на енергоносії, показує не тільки збільшення його вартості, а ще й нерівномірність зростання за різними видами енергоносіїв (рис. 3).

Так на 01.12.2013р. найнижчою вартість 1 МДж тепла була у випадку використання газу за нормою споживання до 2500 м³ за опалювальний сезон, тоді електроенергії за нічним тарифом (рис 3). На 01.12.2014 р. ці показники вирівнялись. На 01.12.2015 р. найдешевшим було опалення дровами. Ця тенденція зберігається і надалі.

Питання енергоефективності при опаленні приміщень з використанням методик оцінки використання різних видів палива зокрема представлені в роботах [15, 16, 17, 18, 19].

Так, в роботі [15] стверджується, що «Для забезпечення в існуючих умовах оперативності, доступності та достатній об'єктивності, методика оцінки ризиків повинна орієнтуватися на невелике число факторів. Вони повинні відноситися до характерних і визначальних факторів для даної сфери діяльності, а також об'єктивно асимілювати ризики за суміжними напрямками».

Авторами роботи [15] пропонується вартісний еквівалент енергоносія S , в умовних грошових одиницях (у.г.о):

$$S = \frac{N \cdot m \cdot T \cdot F}{h} = \frac{s}{h}, \quad (1)$$

де N – потужність джерела тепла, кВт; T – тривалість опалювального періоду, год/рік; S – прогнозована середньорічна ціна енергоносія, у.г.о./кВт·год; h – коефіцієнт використання палива (к.в.п.) системи, що розраховується; s – вартісний еквівалент витрати палива, у.г.о., без урахування к.в.п.

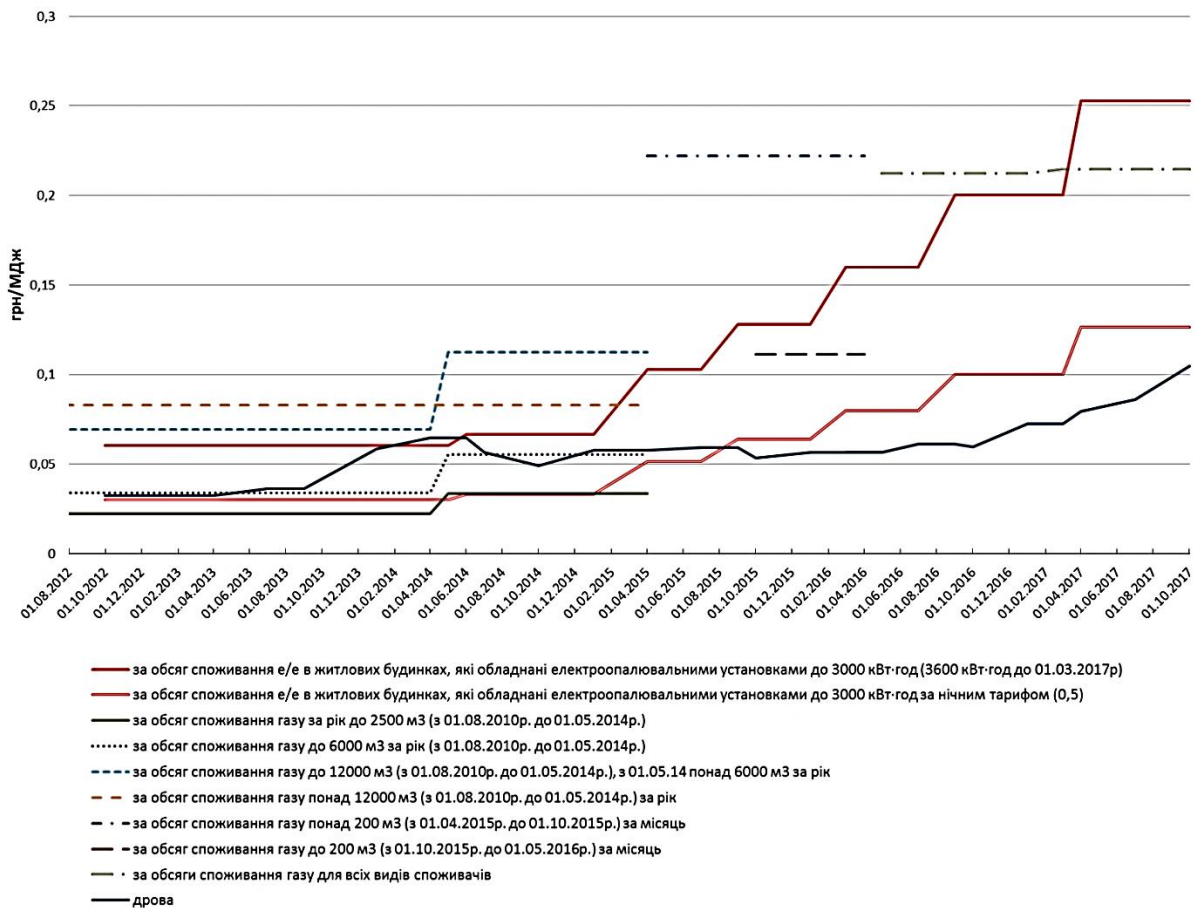


Рис. 3. Динаміка вартості 1МДж тепла для населення

Величина S є частиною приведених витрат P , у.г.о./рік, і характеризує паливні витрати. Інші позиції, складові P – вартість (без ціни палива) річного обслуговування системи і капітальні вкладення, що включають вартість обладнання, пошукових, проектно-конструкторських, будівельно-монтажних, пусконаладжувальних та інших робіт K . $P = S + K$. Параметр ефективності Π , розраховується як відношення P_1 до P_2 варіантів, що порівнюються.

Але дана методика орієнтована на розгляд варіантів при проектуванні нових систем теплопостачання, оскільки включає в себе вартість капітальних вкладень.

Мета досліджень. Проаналізувати ефективність використання різних видів енергоносіїв у випадку наявності у споживача різного опалювального обладнання в залежності від об'ємів споживання енергоносія та часу доби, цін на паливо та витрат на його транспортування, без врахування капітальних

вкладень.

Одною із проблем яка ускладнює вибір найбільш доцільного енергоносія є непостійне значення коефіцієнта використання палива або ККД котла, а також різна теплотворна здатність одного і того ж виду палива (окрім електроенергії), що залежить від родовища палива, виробника та інших факторів. ККД котла, яке приводиться в технічній документації на обладнання дається для номінального режиму роботи, що вносить в методику оцінки деяку похибку, яку врахувати досить складно. Для цього є бажаним встановлення на вході в опалювальну систему обладнання яке б в автоматичному режимі визначало реальний ККД системи з підключенням до неї тим чи іншим котлом.

Результати досліджень. Для порівняльної оцінки була використана методика визначення вартісного еквівалента енергоносія [16]. Вартісний еквівалент – це витрати на придбання та транспортування енергоносія, які однакові з базовим енергоносієм, який обирається за бажанням дослідника.

Порівняння ефективність використання доступних для населення енергоносіїв представлена в таблиці 2, де за базовий енергоносієй прийнятий – газ. Основою для порівняльного розрахунку є вартість 1 МДж тепла з урахуванням коефіцієнта використання палива. Показником оцінки є вартісний еквівалент палива (енергоносія), який був розрахований за формулою (2).

$$E = R^6/n = \left((T^6 + r_T^6) \cdot Q \cdot k \right) / (Q^6 \cdot k^6) , \quad (2)$$

де: $n = 1/Q_{\text{пр}}$ – кількість енергоносія для отримання одного МДж теплоти; T_6 – тариф (ціна) базового енергоносія; Q – енергомісткість палива; K – коефіцієнт використання або ККД; r_m – приведені витрати на транспортування та зберігання палива; Q^6 – енергомісткість палива по базовому варіанту; k^6 – коефіцієнти використання по базовому варіанту.

Таблиця 2

**Вартісні еквіваленти енергоносіїв на опалення виробничих та побутових приміщень
(ціни станом на 1 грудня 2017 р.)**

Енергоносії	Енергомісткість, Q	ККД, k	Приведена енергомісткість, Q _{пр}	Кількість палива на 1 МДж, п	Вартість 1 МДж теплоти, грн. R	Вартість (тариф) енергоносія, Т	Е	σЕ
							Базовий газ	
Електроенергія, денний тариф (до 3000 кВт·год)	3,6 МДж/кВт·г	0,99	3,6 Дж/кВт·г	0,281 кВт·г/МДж	0,25	0,9 грн/кВт·г	0,77 грн/кВт·г	-0,15
Електроенергія, нічний тариф (до 3000 кВт·год)	3,6 МДж/кВт·г	0,99	3,6 МДж/кВт·г	0,281 кВт·г/МДж	0,13	0,45 грн/кВт·г	0,77 грн/кВт·г	0,70
Електроенергія, денний тариф (понад 3000 кВт·год)	3,6 МДж/кВт·г	0,99	3,6 Дж/кВт·г	0,281 кВт·г/МДж	0,47	1,68 грн/кВт·г	0,77 грн/кВт·г	-0,54
Електроенергія, нічний тариф (понад 3000 кВт·год)	3,6 МДж/кВт·г	0,99	3,6 Дж/кВт·г	0,281 кВт·г/МДж	0,24	0,84 грн/кВт·г	0,77 грн/кВт·г	-0,09
Природний газ	36 МДж/м ³	0,9	32,4 МДж/м ³	0,031 м ³ /МДж	0,21	6,9579 грн/м ³	Базовий	0,00
Вугілля	23 МДж/кг	0,7	16,1 МДж/кг	0,062 кг/ МДж	0,34	5,5 грн/кг	3,46 грн/кг	-0,37
Дрова	15 МДж/кг	0,7	10,5 МДж/кг	0,095 кг/ МДж	0,10	1,10 грн/кг	2,25 грн/кг	1,05
Торфобрикети	16,3 МДж/кг	0,7	11,4 МДж/кг	0,088 кг/ МДж	0,18	2,00 грн/кг	2,45 грн/кг	0,23
Паливні брикети	20,5 МДж/кг	0,7	14,4 МДж/кг	0,070 кг/ МДж	0,24	3,50 грн/кг	3,08 грн/кг	-0,12
Паливні пелети	16,7 МДж/кг	0,7	11,7 МДж/кг	0,086 кг/ МДж	0,14	1,60 грн/кг	2,51 грн/кг	0,57

Згідно даних таблиці 2 видно, що витрати на опалення газом і, наприклад, вугіллям були б рівними у тому випадку, якщо б вартість вугілля з транспортними витратами становила б 3,46 грн/кг. Якби вугілля мало таку вартість, то на отримання однакової кількості теплової енергії від вугілля та газу власник витратив би однакову суму. За станом на 1 грудня 2017 р. маємо вартість вугілля близько 5500 грн/т, що вище вартісного еквівалента, тому його використання в порівнянні з газом менш вигідне.

Більш наочні результати дає використання відносного вартісного еквівалента енергоносіїв розрахованого за формулою (3). Результати доцільно представити у вигляді графіка (рис. 4). За нуль на цих графіках приймається базовий варіант, а інші результати розподіляються по обидві сторони за принципом у негативну сторону негативний результат, у позитивну – позитивний (на що вкаже знак σE).

$$\sigma E = \left((T^b + r_T^b) \cdot Q \cdot k \right) / (Q^b \cdot k^b \cdot (T + r_T)) - 1 \quad (3)$$

В останні роки все більшу популярність, в приватному житловому секторі та серед невеликих підприємств, набуває використання в якості енергоносія: торфобрикетів, паливних брикетів та паливних пелет [20, 21]. Причому, є можливість для їх спалювання використовувати вже наявне обладнання для спалювання вугілля або дров. З графіків (рис. 4) видно, що σE для цих видів палива, окрім паливних брикетів, більша ніж для газу.

При неможливості використовувати тверде паливо, наприклад в умовах міста, альтернативою газу є електроенергія. Із графіка видно, що за ціни на газ 6,9579 грн/м³ опалювання газом є вигіднішим за електроопалення, окрім використання електрокотла в нічний час при споживання електричної енергії до 3000 кВт·год на місяць за умови використання двох- або трьохтарифного плану та дозволу на електроопалення.

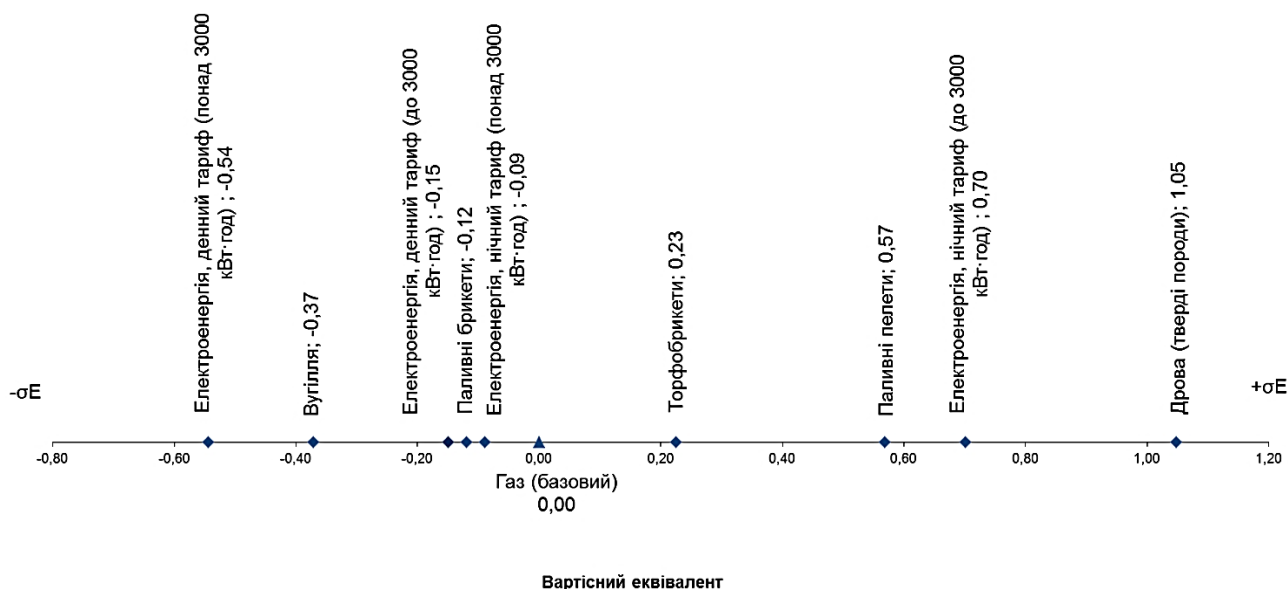


Рис. 4. Відносні вартісні еквіваленти носіїв теплової енергії при тарифі на газ – 6,9579 грн/м³

Висновки. Виходячи з викладеного, можна зробити наступні висновки:

1. Короткострокове прогнозування ефективного використання енергоносіїв дає можливість власнику домогосподарства заощаджувати на опаленні в залежності від вартості палива та вартості його доставки на даний момент.
2. Організаційно енергозбереження може бути впроваджено за умови безпосередньої зацікавленості споживача в ефективному використанні енергоресурсів. Така зацікавленість найкраще себе виявляє, коли споживач енергії може впливати на елементи енергозбереження, зокрема на вибір енергоносія який на даний момент є найбільш вигідним.
3. У зв'язку з тим, що населення не має достатніх фінансових ресурсів для підвищення енергоефективності домогосподарств, необхідним є розширення цільової системи кредитування заходів по підвищенню енергоефективності.

Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” розпорядженням Кабінету

- Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. – Київ. . – Режим доступу:.. Законодавство України. [З мережі] <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80/para6#n6>.
2. Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України". Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень. Регіональний філіал НІСД у м. Одесі (В. Шевченко). [З мережі] 2012 р. <http://www.niss.gov.ua/articles/262/>.
 3. Енергетичний баланс України за 2016 рік. Державна служба статистики України. [З мережі] http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/energ/en_bal/Bal_2016_u.zip.
 4. Національний план дій з енергоефективності до 2020 року. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. [З мережі] 2013 р. saee.gov.ua/documents/NPD-EE-2020.doc.
 5. Енергетичний баланс України. Архів [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу:.. Державна служба статистики України. [З мережі] http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm.
 6. У 2016 році використання природного газу в Україні скоротилось на 0,6 млрд куб. м [Електронний ресурс] / НАК Нафтогаз України. – . НАК Нафтогаз України. [З мережі] <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/E8A50F7214508AE8C22580BC00440E84?OpenDocument>.
 7. ДБН України В.2.6 – 31.2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К. : Держбуд України, 2006. с. 43.
 8. Основы управления рисками в теплоснабжении. Отчет T26/2001 Electrowatt-Ekonomy, ссылка 60D02615-Q070-005, папка Sky 6/9: — Suomen Kaukolämpö ry. 2001. с. 63. (Фінляндія).
 9. Golub G., та ін. Integrated use of bioenergy conversion technologies in agroecosystems. INMATEH – Agricultural Engineering. 2017 p., T. Vol. 51, № 1, сс. 93–100.
 - 10.Цапко-Підлубна О.І. Механізми досягнення енергоефективності економіки країн Центральної та Східної Європи в умовах Європейської інтеграції. – дисертація на здобуття наукового ступеня к. е. н. Львів:, 2015. с. 70.
 - 11.Єрмілов С.Ф., та ін. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році. - К. : НАЕР, 2009. с. 93.
 - 12.Динамика роста цен на дрова в Украине. EcoB2B. [З мережі] 2015 р. http://ecob2b.net/ru/analytics/192-Dinamika_rosta_cen_na_drova_v_Ukraine_pokvartalno__nachinaya_s_Q1_2013_goda..
 - 13.Тарифи на енергоносії. НКРЕКП. [З мережі] 2017 р. <http://www.nerc.gov.ua/>.
 - 14.Комунальні тарифи. МІНФІН. [З мережі] 2017 р. <http://index.minfin.com.ua/tarif>.
 - 15.Гафіятов И.З., Зиганшин М.Г. та Дмитриев А.В. Показатели экологической

- и энергоэкономической эффективности источников теплоснабжения зданий при наличии парниковых газов [Текст]. Проблемы современной экономики. [З мережі] 2009 р. www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2561.
- 16.Кепко О.І. та Кепко В.М. Методика визначення вартісних еквівалентів енергоносіїв. Економіка та управління АПК. 2017 р., №1, сс. 79-83.
 - 17.Потенціал та ефективність енергозбереження в комунальній сфері на прикладі Маневицького району Волинської області [Текст]. – Рівне: Видавець О. Зень, 2011. с. 28.
 - 18.Air Cond. Heat and Refrig. News, 1996, 199, № 12, p.11; 1997, 200, № 4, p. 100–104; Gaz aujourd’hui, 1997, 121, № 5, p. 378–381; № 7, p. 437-440; JKZ – Haustechn., 1997, 52,. № 20, с. 86. (Німеччина).
 - 19.Сотник І. М., Дмитренко А.О. та Шаповал А.І. Впровадження вартісних паливно-енергетичних балансів як шлях забезпечення ефективного використання енергоресурсів [Текст]. Вісник Сумського державного університету. Серія Економіка. 2009 р., №1, сс. 44-51.
 - 20.Дубровін В.О., Мироненко В.Г. та Поліщук В.М. Ефективність застосування твердого і рідкого біопалива в умовах агропромислового комплексу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2012 р., №. 170 (1), сс. 31-38.
 - 21.Мельничук М.Д., Дубровін В.Г. та Мироненко В.Г. Альтернативна енергетика: навч. посіб. – К. : Аграр Медіа Груп, 2012. с. 244.