

УДК 33.330.4

Шашина М.В.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри економіки і підприємництва
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ СПОЖИВЧОЇ ПОВЕДІНКИ НАСЕЛЕННЯ НА РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Статтю присвячено розгляду впливу сучасних нормативних змін щодо формування ціни на ринку електроенергії України на споживчу поведінку виходячи із статистичних та математичних співвідношень. Запропонована економіко-математична модель щодо визначення максимально допустимих меж підвищення тарифів для населення. Обгрунтовано можливі наслідки впровадження таких змін з урахуванням наявної динаміки зростання доходів.

Ключові слова: тариф, енергоринок, споживча поведінка, фактори формування тарифу, математична модель.

Шашина М.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Статья посвящена рассмотрению влияния современных нормативных изменений по формированию цены на рынке электроэнергии Украины на потребительское поведение исходя из статистических и математических соотношений. Предложена экономико-математическая модель по определению максимально допустимых пределов повышения тарифов для населения. Обоснованы возможные последствия внедрения таких изменений с учетом имеющейся динамики роста доходов.

Ключевые слова: тариф, энергорынок, потребительское поведение, факторы формирования тарифа, математическая модель.

Shashyna M.V. MODELING CONSUMER BEHAVIOR OF THE POPULATION IN THE ELECTRICITY MARKET IN MODERN CONDITIONS

The article considers the influence of modern regulatory changes on the formation of prices in the electricity market of Ukraine on consumer behavior on the basis of statistical and mathematical relationships. An economic-mathematical model to determine the maximum limits of increase of tariffs for the population. Substantiated the possible consequences on the implementation of these changes in view of the existing dynamics of revenue growth.

Keywords: rate, the energy market, consumer behavior, factors of formation rate, mathematical mode.

Постановка проблеми. Національна комісія, що здійснює регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг, запропонувала поетапну ліквідацію перехресного субсидування населення за рахунок сплати послуг підприємствами та вимірювання цін на газ і електроенергію відповідно до Рішення від 26 лютого 2015 р. № 220, що має наблизити енергоринок України до європейських зразків. Але постає питання, наскільки реальні і своєчасні прийняті рішення, до якої реакції споживачів це може призвести.

За наявної тарифної системи, що діє в Україні, частина послуг, які надаються населенню з енергопостачання, субсидуються підприємствами, що призводить до найнижчої рентабельності енергогенеруючих підприємств. За умови відмови від такої системи повинна існувати цінова межа, за якої діяльність при наданні електроенергії населенню буде мати позитивну рентабельність. Оскільки з боку виробників такі зміни вже відбуваються, основне навантаження по витратам перерозподіляється на споживачів. Можна припустити, що існує така максимальна ставка тарифу, за якої споживачі ще будуть погоджуватись на сплату наявного обсягу товару, а надходження енергогенеруючим компаніям буде збільшуватись.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, які математично обґрунтовують поведінку споживачів, досить широко розглянуті у сучасній науковій літературі. Зокрема, значний внесок у розробку зазначених моделей було зроблено Е. Енгелем, А. Швабе, Е. Слуцьким, Д. Хіксом та ін. Але за наявного рівня статистичних показників з означеної теми використання запропонованих методів є обмеженим, тому пошук наочного математичного обґрунтування споживчої поведінки визначив актуальність обраної теми.

Мета статті полягає у виявленні теоретичного та практичного математичного обґрунтування споживчої поведінки за умов зміни тарифів на електроенергію.

Виклад основного матеріалу дослідження. У рамках нашого дослідження важливо розглянути питання собівартості електроенергії залежно від способу генерації і, як наслідок, вплив цієї собівартості на тариф, за яким ця електроенергія відпускається споживачам. Наведемо актуальні закупівельні ціни на електроенергію різної генерації на оптовому ринку електроенергії України (рис. 1).



Рис. 1. Ціна продажу виробників на оптовому ринку електроенергії [1]

Як бачимо з рис. 1, найвищими є закупівельні ціни для електроенергії, яка генерується тепловими електростанціями, гідроелектростанціями та виробниками, що працюють за «зеленим» тарифом.

Нагадаємо, що станом на сьогодні атомні електростанції генерують в Україні 50% усієї електроенергії [6]. При цьому, як впливає з наведених вище даних, закупівельна вартість їх електроенергії фактично вдвічі менша за закупівельну вартість електроенергії, що виробляється тепловими електростанціями. Це важливо для розуміння того, чому

зростають тарифи на електроенергію та яка залежність між відпускною ціною виробника і ціною, яку платить споживач.

На рис. 2 наведено дані, які демонструють, що основний вплив на формування відпускного тарифу належить собівартості електроенергії виробництва ТЕС.

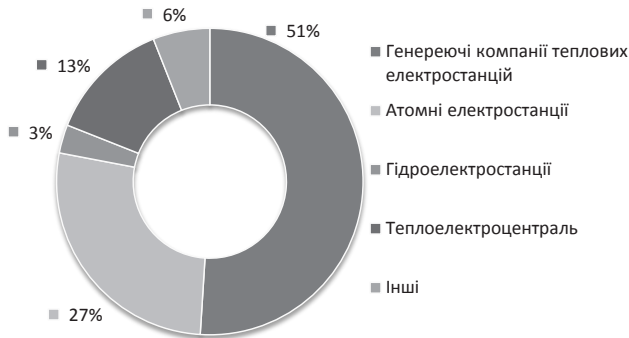


Рис. 2. Вплив собівартості виробництва електроенергії на тарифи [1]

Таку ситуацію можна пояснити досить високою монополізацією саме ринкового походження, оскільки в тепловій генерації працює шість основних компаній, на які припадає 95% виробництва електроенергії у цьому сегменті. Приватними компаніями є ДТЕК «Східенерго», ДТЕК «Дніпроенерго», ДТЕК «Західенерго», ПАТ «Київенерго», ПАТ «Донбасенерго». Єдиним підприємством, яке поки що залишається у державній власності, є ПАТ «Центренерго». У загальному обсязі виробництва електроенергії України частка виробленої електроенергії ПАТ «Центренерго» становить близько 8% [6].

У промислово розвинутих країнах тарифи для населення, як правило, істотно вищі, ніж для промислових підприємств. Зокрема, у Словаччині частка витрат домогосподарств на електроенергію становить 5,6% від сукупних витрат, у Польщі – 3,5%, у Болгарії – 3,9%, тоді як в Україні – 1,4% [9]. Національні низькі тарифи на електроенергію підтримуються «перехресними» субсидіями від промисловості, що завищує ціни на промислові товари та послуги і заохочує неекономне споживання електроенергії в побуті.

Комісією була запропонована модель за якої половина електроенергії, яка виробляється «Енергоатомом», буде за існуючими цінами реалізовуватись населенню. Розрахунковий рівень безбитковості такого тарифу повинен становити 45-50 коп. [6]. Але запропонований механізм, як уже зазначалось, досить сильно залежить від монополізації аналізованого ринку, тому кінцевий тариф, згідно з чинним законодавством, буде збільшено на 246% (обсяг споживання до 100 кВт/год. на місяць) та 267% (обсяг споживання понад 100 кВт/год. на місяць) [2].

Для нашого дослідження це є відправною точкою визначення, яке співвідношення підвищення тарифів буде впливати на споживчу поведінку населення з урахуванням наявної динаміки зростання заробітних плат як одного із основних видів доходів населення, оскільки, з одного боку, регуляторні механізми передбачають підвищення доходності енергоринку, зокрема під час постачання електроенергії населенню, тобто наближення до європейських моделей, а з іншого – підвищення тарифних ставок може призвести до зворотної реакції споживачів. Які співвідношення є оптимальними чи запропоновані тарифні ставки допустимі при наявних доходах

населення, чи не викличе це зворотної реакції, тобто скорочення доходів держави через рівень запропонованих тарифних ставок на електроенергію – це є той перелік питань, які ми спробуємо вирішити на основі розроблених математичних моделей, що описують споживчу поведінку.

Оскільки досі є спірним питання щодо еластичності такого товару, як електроенергія, особливо для такої категорії споживачів, як населення, споживчу поведінку ми будемо визначати не традиційним шляхом за допомогою кривих бюджетних обмежень та байдужості, а виходячи із таких припущень. По-перше, зростання тарифу на електроенергію відбувається за певний проміжок часу і з відповідною швидкістю впровадження змін. По-друге, приріст вартості електроенергії відбувається паралельно із процесом зміни величини доходу населення, тому, визначивши допустимі максимальні межі зростання першого показника, можна буде зазначити, за яких умов допустиме подальше підвищення тарифу. І, по-третє, це дасть нам можливість стверджувати, що подальше підвищення ставок тарифу буде призводити до зворотних чинників, тобто або до скорочення обсягів споживання, або зменшення доходів енергорукоділяючих компаній.

Для пошуку максимально можливого підвищення ціни оберемо не традиційну для економіко-математичного моделювання модель Ферхюльста-Пірла – рівняння (1) [3].

$$dx/dt = rx(1-x/k) \quad (1)$$

Вивчення дискретного аналога рівняння (1) в другій половині ХХ ст. виявило абсолютно нові унікальні його властивості (у працях Г. Різніченко, А. Рубіна та ін.). Вони виявили, що залежність чисельності на часовому проміжку $n + 1$ від чисельності на попередньому кроці n можна записати у вигляді рівняння (2):

$$x_{n+1} = rx_n(1-x_n) \quad (2)$$

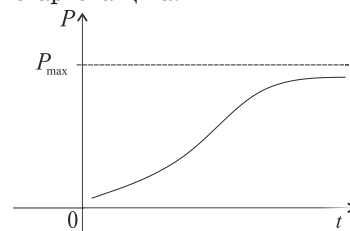
Поведінка в часі змінної x_n залежно від величини параметра r може носити характер не лише обмеженого росту, а також бути коливальним або квазістochasticним. Значення чисельності в даний момент часу ($t + 1$) залежно від попередніх значень t зростає, при цьому швидкість збільшується при малих чисельностях та зменшується і потім переходить на нуль за великих чисельностей. Ці властивості були використані нами для модифікації моделі відносно пошуку максимально допустимої ціни (тарифу на електроенергію) з метою збереження стійкості системи (енергоринку).

Модифікована модель Ферхюльста-Пірла:

нехай P – ціна на електроенергію, тоді для вимірювання швидкості зміни ціни на електроенергію використаємо модифіковане рівняння:

$$\frac{dP}{dt} = \alpha \cdot P \cdot \left(1 - \frac{P}{P_{\max}}\right), \quad (3)$$

де $\alpha > 0$ – питома швидкість зростання, P_{\max} – стала величина, яка задає верхню межу ціни; $P(0) = p_0$ – стартова ціна.



Розв'яжемо рівняння (3) і знайдемо ціну, за якої споживачі будуть схильні сплачувати отримані

послуги, тобто система (ринок надання електроенергії населенню) буде зберігати стійкість за наявної p_0 .

$$P = \frac{2p_0}{1+e^{-at}} \quad (4)$$

Тепер за наявних фактичних даних по тарифам на електроенергію для населення за попередні періоди ми можемо дослідити, за яких цін в різні проміжки часу тарифи є максимально допустимим.

Виходячи з даних табл. 1, побудуємо графіки, які допоможуть обґрунтувати споживчу поведінку населення на ринку електроенергії за різних рівнів цін.

Таблиця 1

**Тарифи для населення на електроенергію,
грн. за кВт/год.**

Загальний обсяг	1.02.2011	2013	01.04.2015
Спожито до 150 кВт на місяць*	0,2436	0,2802	0,366
Спожито понад 150 кВт на місяць	0,3168	0,3648	0,63

* – групування здійснювалось для споживачів, в житлових будинках яких є електроплити (методика почала застосовуватись з 2011 р.).

Джерело: складено за даними Національної комісії, що здійснює регулювання енергетики та комунальних послуг

Відповідно до табл. 1 та рівняння (4), побудувавши систему залежностей в програмі Mathcad, отримуємо графіки, де вісь ординат – це ціновий параметр, а абсцис – час.

На рис. 3 початковим періодом розрахунку є 2006 р. Результати розрахунку показують, що за даних вхідних умов максимально допустима ціна становила приблизно 48 коп. за кВт/год., відповідно до якої здійснювалися б розрахунки і відбувалось збільшення поповнення бюджету. Аналогічну залежність відображають і рис. 4 та 5.

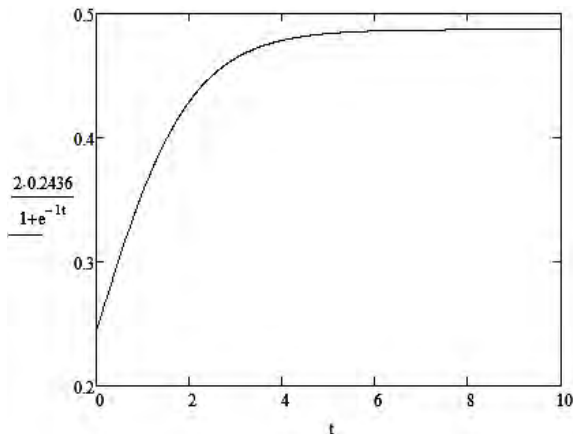


Рис. 3. Графік динамічної залежності визначення максимально допустимого тарифу при $p_0 = 0,2436$

Як видно з рис. 4 та 5, максимально допустиме зростання ціни на сучасному етапі знаходиться в межах від 57 до 63 коп. за кВт/год.

Аналізуючи отримані результати та порівнюючи їх зі статистичними показниками щодо частки споживачів та витрат, за обсягом споживання електроенергії, що подані на рис. 6, можна зробити припущення.

Оскільки найбільша питома вага населення споживає від 150 кВт до 300 кВт на місяць (що становить 35%), то їх мінімальний тариф (з урахуванням умов споживання, наприклад наявність електроплит) становить за новою запропонованою схемою вже 63 коп. за кВт, тоді, як нами було визначено, що

це є максимально допустимий тариф, за якого будуть зростати платежі. Тоді можливі два сценарії поведінки споживачів: скорочення обсягів споживання або ухилення від сплати. Причому подальше збільшення до 90 коп. за кВт/год. буде свідчити скоріше на користь другого варіанту.

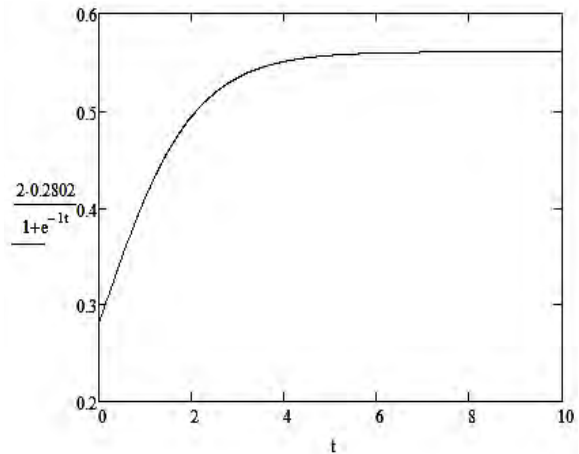


Рис. 4. Графік динамічної залежності визначення максимально допустимого тарифу при $p_0 = 0,2802$ (початковий період – 2013 р.)

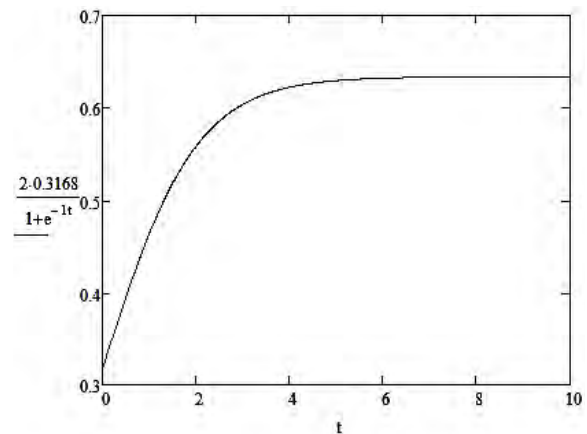


Рис. 5. Графік динамічної залежності визначення максимально допустимого тарифу при $p_0 = 0,3168$ (початковий період – 2013 р.)

Якщо повертатись до питання про співвідношення зростання тарифу на електроенергію та доходів населення, то слід виходити з індексу інфляції, який свідчить про зміну номінальної вартості окремо взятого товару або економіки в цілому у співвідношенні поточного періоду до базового (попереднього). Як свідчать дані Міністерства фінансів за останні періоди (2013–2015 рр.), індекс інфляції становив 100,5%, 124,9% та 142,3% відповідно, а індекс номінальної заробітної плати (як одного з основних видів доходів населення [4]) – 107,9%, 106,5%, 108,1%. Як бачимо, темп росту інфляції становить приблизно 12%, а середньої номінальної заробітної плати – 1,5%. При цьому індекс інфляції на сплату послуг за надання електроенергії в цьому році становить 166,9% [5]. Тому порівняння темпів зростання відносних показників щодо обґрунтування ставки тарифів для населення вбачається недоречним і ще раз доводить дієздатність результатів по опрацьованій математичній моделі щодо максимально допустимого рівня ціни на електроенергію.

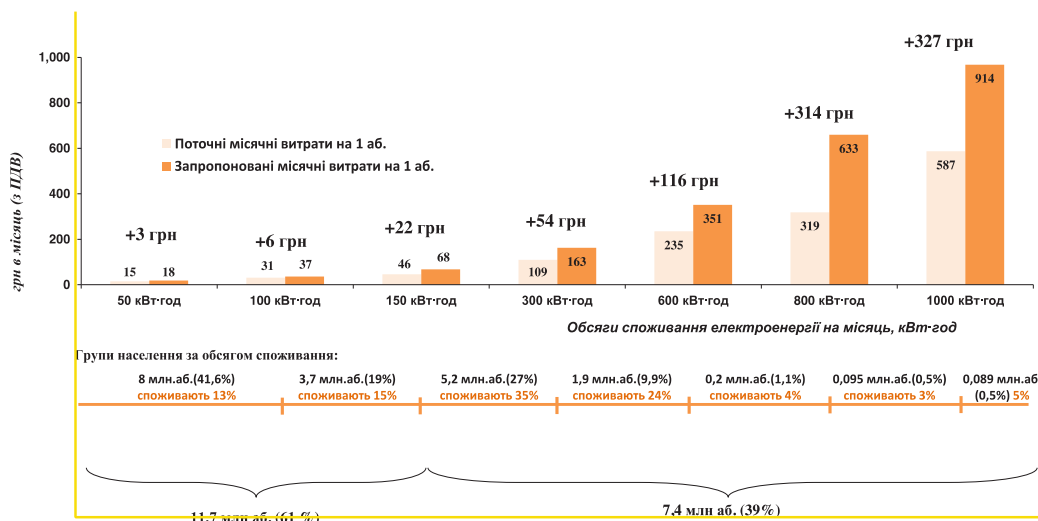


Рис. 6. Щомісячні витрати населення на електроенергію [8]

Висновки. У роботі була запропонована модель дискретного рівняння на основі динамічних рядів, яка на відміну від існуючих моделей, що описують споживчу поведінку, виходячи із бюджетних обмежень та кривих байдужості споживачів визначає максимально можливе значення підвищення ціни (тарифу на електроенергію), що, відповідно до нашої гіпотези, доводить наявність допустимої межі, при якій споживачі будуть згодні сплачувати наданий обсяг послуг (спожитої електроенергії) за визначеного стартового рівня ціни. Як показали наведені розрахунки, вони не співпадають із запропонованими на сьогоднішній день рівнями підвищення тарифів для населення, що спонукає споживачів до скорочення або ухиляння від сплати за отриманий товар. Така ситуація може призвести до розбалансованості системи, тобто енергоринку (оскільки за параметрами, визначеними у моделі, не відповідає її стійкості).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Аналіз окремих аспектів електрогенеруючого потенціалу України: аналітична записка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://publicaudit.com.ua/reports-on-audit/>.
2. Вигірський А. Заради кого підвищують тарифи на електроенергію / А. Вигірський [Електронний ресурс]. – Режим доступу: LBfile.ua/webarchive.
3. Динамические модели в биологии [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dmb.biophys.msu.ru/registry?article=32>.
4. Доходи населення України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Доходи_населення_України.
5. Інформаційний портал Міністерства фінансів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://index.minfin.com.ua/index/infl/>.
6. Коссе І. Прозорість та економічна обґрунтованість тарифів на електроенергію – необхідна умова реформи енергетичного сектору України: консультативна робота / І. Коссе. – К.: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ier.com.ua>.
7. Слуцький Є. Визнання. Творча спадщина з погляду сучасності: [монографія] / Є. Слуцький; за ред. В.Д. Базилевича. – К.: Знання, 2007. – 919 с.
8. Тарифи на електроенергію для домогосподарств: аналітична доповідь / Національна комісія, що здійснює регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15338>.
9. Electricity price statistics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics.