

УДК 620.92:504.06

КЛИМЕНКО Л.П., Миколаївський державний гуманітарний університет ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна

ВОСКОБОЙНИКОВА Н.О., Миколаївський державний гуманітарний університет ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна



Клименко Леонід Павлович – професор, доктор технічних наук, ректор Миколаївського державного гуманітарного університету ім. Петра Могили.



Воскобойнікова Наталія Олександрівна – аспірант Миколаївського державного гуманітарного університету ім. Петра Могили.

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ВІТРОГЕЛІОУСТАНОВОК У СИСТЕМИ ТЕПЛОХЛАДОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ (НА ПРИКЛАДІ

Стаття присвячена актуальній на сьогодні проблемі енерго- та ресурсозбереження за рахунок використання альтернативних джерел енергії. Дослідження сфокусовано на питанні визначення рівня ресурсозбереження при впровадженні вітрогеліоустановок в системи теплохладопостачання будівель. На основі розробленої методики був проведений розрахунок ресурсозберігаючого ефекту в природно-антропогенних умовах Миколаївської області.

The article is devoted to the actual problem of energy-and-resource saving with using of non-traditional energy sources. The research is focuses on the question of evaluation of the level of resource-saving with using of wind-and-helio plants in heating-and-cooling systems of buildings. On the basis of investigations that were made, the resource-saving effect from complex using of sun and wind energy in natural and anthropogenic conditions of the Mykolaiv region was calculated.

Проблема, якій присвячена стаття. Залежність України від таких енергоносіїв, як нафта та газ, сьогодні зрозуміла кожному з нас в такій же мірі, як і виснаження цих продуктів у недалекому майбутньому. Стурбованість суспільства зростанням цін на газ

збільшується з кожним днем – разом з практичним усвідомленням наслідків цього зростання. Збільшується і занепокоєність щодо енергетичної безпеки країни з точки зору систематичності постачання газу та інших традиційних енергоносіїв. Тому сьогодні перед

Україною постала проблема ДИВЕРСИФІКАЦІЇ енергопостачання. Замість нафтогазових переваг нам потрібно, подібно до практичних європейців, шукати альтернативу в джерелах відновлюваної енергії, доступної кожному. Дана робота присвячена питанню визначення рівня енергозбереження за рахунок комбінованого використання вітрової та сонячної енергії з традиційними енергоджерелами в природно-антропогенних умовах Миколаївської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що відновлювана енергетика в світі розвивається швидкими темпами [1, 2, 3]. В Україні існує достатній потенціал відновлюваних джерел енергії, зокрема вітрової та сонячної, які є найбільш доступними на території досліджуваного регіону (Миколаївської області) [4, 5]. Принципи моделювання енергосистем з використанням сонячної та вітрової енергії вивчаються в роботах [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. У роботі [4] пропонуються методики та наводяться розрахунки потенціалу окремих видів відновлюваних джерел енергії на території України. Але маловивченим є питання визначення рівня ресурсозбереження при впровадженні комбінованих вітро-сонячних установок у системи теплохладопостачання будівель з використанням традиційних енергоджерел як компенсаційних. Дослідження потребує питання розрахунку ресурсозберігаючого ефекту в природно-антропогенних умовах Миколаївської області.

Основною метою даної роботи є розробка методики для визначення ресурсозберігаючого ефекту при впровадженні комбінованих вітро-сонячних установок в системи теплохладопостачання будівель з використанням традиційних енергоджерел як компенсаційних, а також розрахунок ресурсозберігаючого ефекту для природно-антропогенних умов Миколаївської області.

В кліматичних умовах Миколаївської області серед альтернативних джерел енергії найбільш доступними є вітрові та сонячні енергоресурси,

котрі вдало взаємодоповнюють та взаємозамінюють одне одного. Тому застосування вітрогеліосистем тут є доцільним для виробництва теплової енергії, яку можна використовувати в системах теплохладопостачання будівель. При цьому заощаджуються традиційні палива та зменшується розмір шкоди, завданої навколишньому середовищу при видобуванні традиційних енергетичних ресурсів, їх транспортуванні, обробці та спалюванні для виробництва енергії. Тобто, таким чином можна підвищити рівень екологічної безпеки досліджуваного регіону. Але вітрогеліосистема сама по собі не завжди здатна забезпечити всі потреби будівлі в енергії, тому необхідним вважається використання традиційних енергоджерел як компенсуючих.

На основі проведених попередніх досліджень було розроблено блок-схему та математичну модель енергоефективної системи теплохладопостачання будівлі за допомогою вітрогеліоустановки з використанням традиційних джерел енергії як компенсуючих [13]. Створена математична модель енергоефективної системи теплохладопостачання будівлі дозволяє, провівши відповідні розрахунки, обчислювати обсяги енергії, яка надходить для задоволення потреб приміщення в теплохладопостачанні від альтернативних джерел енергії, та необхідні обсяги традиційних енергоресурсів для компенсації нестачі вітрової та сонячної енергії. Також, знаючи характеристики приміщення, можливо обчислити, скільки необхідно енергії на опалення, гаряче водопостачання та кондиціонування і таким чином визначити необхідні технічні характеристики геліосистеми, вітроустановки та традиційних енергетичних установок. Тобто дана модель є математичною імітацією енергопотоків у досліджуваній системі.

На основі розробленої математичної моделі роботи системи енергопостачання будівлі була створена методика розрахунку ресурсозберігаючого ефекту при комбінованому

$$Q_{CK-i} = A_{CK} \cdot [I_{CK-i} \cdot \eta_0 - K_{CK} (T_{1ck-i} - T_{nc-i})] \cdot P_i, \quad (1)$$

де Q_{CK-i} – обсяг теплової енергії, виробленої сонячними колекторами за i -тий проміжок часу, Дж;

A_{CK} – площа поверхні сонячних колекторів, m^2 ;

I_{CK} – густина потоку сонячної радіації, що надходить на поверхню колектора протягом i -того проміжку часу, Wt/m^2 ;

η_0 – ефективний оптичний ККД колектора;

K_{CK} – сумарний коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора, $Wt/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

T_{1ck-i} – температура теплоносія на вході в сонячний колектор протягом i -того проміжку часу, $^\circ C$;

T_{nc-i} – температура навколишнього середовища протягом i -того проміжку часу, $^\circ C$.

P_i – тривалість сонячного сяння протягом досліджуваного періоду часу, с.

Температура теплоносія на вході в сонячний колектор залежить від температури холодної води (до якої прирівнюється температура теплоносія на виході з будівлі) та від тепловтрат трубопроводу, який подає теплоносій в колектор.

Температуру теплоносія на вході в сонячний колектор пропонується розраховувати за такою залежністю [6]:

$$T_{1ck-i} = T_{x-i} \frac{Q_{труб1-i}}{G_{CK} \cdot \rho_в \cdot c_в} = T_{x-i} \frac{(T_{x-i} - T_{nc-i}) \cdot l_1}{\left[\frac{1}{\alpha_в \cdot \pi \cdot d_в} + \sum \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_n} \ln \frac{d_{nH}}{d_{nв}} + \frac{1}{\alpha_n \cdot \pi \cdot d_n} \right] \cdot G_{CK} \cdot \rho_в \cdot c_в}, \quad (2)$$

де T_{1ck-i} – температура теплоносія на вході в сонячний колектор протягом i -того проміжку часу, °C;

T_{x-i} та T_{nc-i} – температура холодної води і навколишнього середовища відповідно протягом i -того проміжку часу, °C;

$Q_{труб1-i}$ – тепловтрати трубопроводу на шляху подачі теплоносія до сонячної установки протягом i -того проміжку часу, Вт;

G_{CK} – інтенсивність перекачування води через сонячний колектор, л/с;

$c_в$ – питома ізобарна теплоємність води, що дорівнює 4190 Дж/(кг·°C);

$\rho_в$ – густина води, що дорівнює 1 кг/л;

l_1 – довжина трубопроводу, який подає теплоносій від розподільчого вузла до сонячного колектора, м;

$\alpha_в, \alpha_n$ – коефіцієнти відповідно тепловіддачі від теплоносія до стінки трубопроводу (внутрішній коефіцієнт) та від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище (зовнішній коефіцієнт), Вт/(м²·°C);

$d_в, d_n$ – внутрішній діаметр трубопроводу і зовнішній діаметр ізоляційного покриття, м;

λ_n – теплопровідність n -ного шару ізоляції, Вт/(м·°C);

$d_{nв}, d_{nH}$ – внутрішній та зовнішній діаметри n -ного шару ізоляції, м.

Для розрахунку температури теплоносія на виході з сонячного колектора скористаємося залежністю [12]:

$$T_{2ck-i} = \frac{Q_{CK-i}}{G_{CK} \cdot \rho_в \cdot c_в \cdot P_i} + T_{1ck-i}, \quad (3)$$

де T_{2ck-i} – температура теплоносія на виході з сонячного колектора протягом i -того проміжку часу, °C;

Q_{CK-i} – обсяг теплової енергії, виробленої сонячним колектором за i -тий проміжок часу, Дж;

G_{CK} – інтенсивність нагріву води в сонячному колекторі, л/с;

$c_в$ – питома ізобарна теплоємність води, що

дорівнює 4190 Дж/(кг·°C);

$\rho_в$ – густина води, що дорівнює 1 кг/л;

P_i – тривалість періоду сонячного сяння, с;

T_{1ck-i} – температура теплоносія на вході в сонячний колектор протягом i -того проміжку часу, °C;

Тепловтрати трубопроводу на шляху до споживачів теплової енергії розраховуються за

$$Q_{труб2-i} = \frac{(T_{2ck-i} - T_{nc-i}) \cdot l_2 \cdot P_i}{\frac{1}{\alpha_в \cdot \pi \cdot d_в} + \sum \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_n} \ln \frac{d_{nH}}{d_{nв}} + \frac{1}{\alpha_n \cdot \pi \cdot d_n}}, \quad (4)$$

де $Q_{труб2-i}$ – тепловтрати трубопроводу на шляху від сонячного колектора до розподільчого вузла протягом i -того проміжку часу, Дж;

T_{2ck-i} та T_{nc-i} – температура теплоносія на виході з сонячного колектора і навколишнього середовища відповідно, °C;

l_2 – довжина трубопроводу, який подає теплоносій від сонячного колектора до розподільчого вузла, м;

$\alpha_в, \alpha_n$ – коефіцієнти тепловіддачі від теплоносія до стінки трубопроводу (внутрішній коефіцієнт) та від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище (зовнішній коефіцієнт), Вт/(м²·°C);

$d_в, d_n$ – внутрішній діаметр трубопроводу і зовнішній діаметр ізоляційного покриття, м;

λ_n – теплопровідність n -ного шару ізоляції, Вт/(м·°C);

$d_{nв}, d_{nH}$ – внутрішній та зовнішній діаметри n -ного шару ізоляції, м;

P_i – тривалість періоду сонячного сяння, с.

Для розрахунку тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище за умови, що прокладання труб є надземним, використовують таку залежність [11]:

$$\alpha_n = 11,6 + 7\sqrt{v_i}, \quad (5)$$

де α_n – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище, тобто в повітря, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$);

v – швидкість вітру, м/с.

Загальна теплова потужність сонячних установок:

$$Q_{CV-i} = Q_{CK-i} - Q_{труб2-i} \quad (6)$$

де Q_{CV-i} – теплова потужність сонячних установок протягом i -того проміжку часу, Дж;

Q_{CK-i} – обсяг теплової енергії, виробленої сонячними колекторами за i -тий проміжок часу, Дж;

$Q_{труб2-i}$ – тепловтрати трубопроводу, Дж.

Вітрова енергія в системі перетворюється на електричну за допомогою вітрових установок.

$$Q_{BV-i} = \frac{\rho_n \cdot \sum (v_n^3 \cdot \gamma_n \cdot C_{p-n})}{2} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta_{el} \cdot \eta_{mex} \cdot \eta_{EB} \cdot t_i \cdot X \quad (7)$$

де Q_{BV-i} – обсяг теплової енергії, виробленої вітроенергетичною установкою при сумісній роботі з електронагрівачем протягом i -того проміжку часу, Дж;

ρ_n – густина повітря, що при температурі 15°C і атмосферному тиску 760 мм рт.ст. дорівнює $1,23 \text{ кг/м}^3$;

v_n – швидкість вітру, м/с;

γ_n – частота повторюваності n -ної швидкості вітру протягом i -того проміжку часу;

C_{p-n} – коефіцієнт потужності, характерний для n -ної швидкості вітру;

D – діаметр вітроколеса;

η_{el} – ККД генератора;

Вироблена вітроустановкою електрична енергія направляється до електричного водонагрівача, який нагріває воду для подальшого її використання в системі. Тому з урахуванням коефіцієнта корисної дії електронагрівача можна записати формулу розрахунку теплової потужності вітрових установок при роботі в комплексі з електричними водонагрівачами [10]:

η_{mex} – ККД трансмісії;

η_{EB} – ККД електричного водонагрівача;

t_i – проміжок часу, с;

X – кількість вітроустановок.

Коефіцієнт перетворення енергії вітрового потоку в механічну енергію C_p залежить від коефіцієнта швидкохідності вітроколеса Z , і ця залежність для кожного виду вітротурбін може бути апроксимована за допомогою двох парабол – квадратичної та кубічної.

Права гілка залежності $C_p(Z)$ в межах швидкохідності $Z_{opt} \leq Z_n \leq Z_{max}$ може бути апроксимованою квадратичною параболою з вершиною в точці А ($C_{pmax}; Z_{opt}$) [10]:

$$C_{p-n} = C_{pmax} - \frac{C_{pmax}}{(Z_{max} - Z_{opt})^2} \cdot (Z_n - Z_{opt})^2 \quad (8)$$

де C_{p-n} – коефіцієнт потужності вітрової турбіни (коефіцієнт перетворення енергії вітрового потоку в механічну енергію), характерний для n -ної швидкості вітру;

C_{pmax} – максимальний коефіцієнт потужності вітрової установки;

Z_{max} – максимальне значення коефіцієнта швидкохідності вітроколеса;

Z_{opt} – оптимальне значення коефіцієнта швидкохідності вітроколеса, що відповідає максимальному значенню коефіцієнта потужності;

Z_n – коефіцієнт швидкохідності вітроколеса, характерний для n -ної швидкості вітру.

Ліва гілка характеристики при $Z_n \leq Z_{opt}$ може

$$C_{p-n} = C_{pmax} \left(\frac{Z_n}{Z_{opt}} \right)^2 \cdot \left[-2 \cdot \left(\frac{Z_n}{Z_{opt}} \right) + 3 \right] \quad (9)$$

де C_{p-n} – коефіцієнт потужності вітрової турбіни (коефіцієнт перетворення енергії вітрового потоку в механічну енергію), характерний для n -ної швидкості вітру;

C_{pmax} – максимальний коефіцієнт потужності вітрової установки;

Z_{max} – максимальне значення коефіцієнта швидкохідності вітроколеса;

Z_{opt} – оптимальне значення коефіцієнта швидкохідності вітроколеса, що відповідає максимальному значенню коефіцієнта потужності;

Z_n – коефіцієнт швидкохідності вітроколеса, характерний для n -ної швидкості вітру.

Максимальний коефіцієнт потужності

$$C_{pmax} = (-0.109 \cdot \sigma_{периф}^2 + 0,18514 \cdot \sigma_{периф}^2 + 0,44283) \cdot 0,825 \quad (10)$$

де C_{pmax} – максимальний коефіцієнт потужності вітрової установки;

$\sigma_{периф}^2$ – сумарна периферійна хорда профілів лопастей на периферії.

Параметр $\sigma_{периф}$ являє собою сумарну відносну хорду профілів на периферії та відіграє значну роль при побудові характеристик вітроколеса.

Сумарна периферійна хорда профілів визначається за такою залежністю [10]:

$$\sigma_{периф} = \frac{2 \cdot i_n \cdot b_{периф}}{D} \quad (11)$$

де $\sigma_{периф}$ – коефіцієнт заповнення на периферії лопасті (сумарна відносна хорда профілів на периферії вітротурбіни (на кінці лопасті));

i_n – число лопастей вітротурбіни.

Значення максимального і оптимального коефіцієнтів швидкохідності розраховуються таким чином [10]:

$$Z_{opt} = \frac{30,78 \cdot \sigma_{периф} + 18,58}{1274 \cdot \sigma_{периф} + 1} \quad (12)$$

$$Z_{max} = \frac{188,93 \cdot \sigma_{периф} + 20,62}{28,22 \sigma_{периф} - 1} \quad (13)$$

де Z_{opt} – оптимальне значення коефіцієнта швидкохідності вітроколеса;

Z_{max} – максимальне значення коефіцієнта швидкохідності;

$\sigma_{периф}$ – коефіцієнт заповнення на периферії лопасті (сумарна відносна хорда профілів на периферії вітротурбіни (на кінці лопасті)).

Коефіцієнт швидкохідності Z_n визначають як відношення колової (кутової) швидкості лопастей до швидкості вітру [10]:

$$Z_n = \frac{\omega \cdot R}{v_n} = \frac{u}{v_n} \quad (14)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (15)$$

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (16)$$

де Z_n – коефіцієнт швидкохідності вітроколеса, характерний для n -ної швидкості вітру;

ω – кутова частота, рад/с;

R – радіус кола, яке охоплюється кінцевими елементами лопастей, тобто радіус вітроколеса, м;

v_n – швидкість вітру, м/с;

u – кутова (колова) швидкість на кінцях

лопастей, м/с;

D – діаметр вітроколеса, м;

n – частота обертання вітроколеса, об/хв.

Загальну теплову потужність альтернативних джерел енергії в системі енергопостачання будівлі можна виразити таким чином:

$$Q_{A-i} = Q_{CV-i} + Q_{BV-i} \quad (17)$$

де Q_{A-i} – теплова потужність альтернативних джерел енергії протягом i -того проміжку часу, Дж;

Q_{CV-i} – теплова потужність сонячних установок протягом i -того проміжку часу, Дж;

Q_{BV-i} – обсяг теплової енергії, виробленої вітроенергетичними установками при сумісній роботі з електронагрівачами протягом i -того проміжку часу, Дж.

Отже, за рахунок альтернативних джерел енергії ми можемо забезпечити певну частину енергопотреб будівлі. Ресурсозберігаючий ефект при порівнянні системи енергопостачання, в якій використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел із системою енергопостачання будівлі, в якій використовується водогрійний котел, що працює на викопному паливі, буде розраховуватися за формулою [14]:

$$E_{ГК} = \frac{\sum Q_{A-i}}{Q_{ниж} \cdot \eta_{ГК}} \quad (18)$$

де: $E_{ГК}$ – ресурсозберігаючий ефект, тобто кількість заощадженого палива при порівнянні системи енергопостачання, в якій використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел, із системою енергопостачання будівлі, в якій використовується водогрійний котел, що працює на вичерпаному паливі, кг;

Q_{A-i} – тепла потужність альтернативних джерел енергії, Дж;

$Q_{ниж}$ – нижча теплота згорання палива, яке

спалюється в котлі, Дж/кг;

$\eta_{ГК}$ – ККД котла.

Ресурсозберігаючий ефект при порівнянні системи енергопостачання, в якій використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел, із системою енергопостачання будівлі, в якій використовується тепла енергія, вироблена на централізованій котельній станції, буде розраховуватися за формулою [5]:

$$E_{КОТ} = \frac{\sum Q_{A-i}}{Q_{ниж} \cdot \eta_{кот} \cdot \eta_{впр}} \quad (19)$$

де $E_{КОТ}$ – ресурсозберігаючий ефект, тобто кількість заощадженого палива при порівнянні системи енергопостачання, в якій використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел, із системою енергопостачання будівлі, в якій використовується тепла енергія, вироблена на централізованій котельній станції, кг;

Q_{A-i} – тепла потужність альтернативних джерел енергії, Дж;

$Q_{ниж}$ – нижча теплота згорання палива, яке спалюється на тепловій електростанції для виробництва електроенергії, Дж/кг;

$\eta_{кот}$ – коефіцієнт корисної дії котельної установки на централізованій котельній станції;

$\eta_{впр}$ – коефіцієнт тепловтрат під час подачі гарячої води з котельної до об'єкта теплопостачання.

Ресурсозберігаючий ефект при порівнянні системи енергопостачання, в якій використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел, із системою енергопостачання будівлі, в якій використовується електричний водонагрівач, що працює від загальної електромережі, буде розраховуватися за формулою [5]:

$$E_{ЕВ} = \frac{\sum Q_{A-i}}{Q_{ниж} \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_{ц} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{ЕВ}} \quad (20)$$

де $E_{ЕВ}$ – ресурсозберігаючий ефект, тобто кількість заощадженого палива при порівнянні системи енергопостачання, в якій використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел, із системою енергопостачання будівлі, в якій використовується електричний водонагрівач, що працює від загальної електромережі, кг;

Q_{A-i} – тепла потужність альтернативних джерел енергії, Дж;

$Q_{ниж}$ – нижча теплота згорання палива, яке спалюється на тепловій електростанції, для виробництва електроенергії, Дж/кг;

$\eta_{ку}$ – коефіцієнт корисної дії котельної установки теплової електростанції;

$\eta_{ц}$ – термічний коефіцієнт циклу існуючих енергогенеруючих установок, що працюють на традиційному паливі;

$\eta_{мех}$ – загальний коефіцієнт втрат при перетворенні механічної енергії в електричну;

$\eta_{ЕВ}$ – коефіцієнт корисної дії електричного водонагрівача.

Розроблена методика дозволяє, використовуючи методи математичного моделювання, розрахувати ресурсозберігаючий

ефект від впровадження альтернативної системи енергозабезпечення, тобто обсяги заощаджених традиційних енергоресурсів протягом певного періоду часу (місяця, року). При розрахунку можливої економії традиційних паливних ресурсів протягом року, тобто річного ресурсозберігаючого ефекту, на думку автора, варто окремо розрахувати ресурсозберігаючий ефект для кожного місяця, а потім обчислити суму для всього року.

За розробленою методикою були проведені практичні розрахунки ресурсозберігаючого ефекту для природно-антропогенних умов Миколаївської області. Як фактичний матеріал були використані дані про фактичну погоду в Миколаївській області, зафіксовані на 5-ти метеостанціях (Миколаїв, Очаків, Баштанка, Первомайськ, Вознесенськ) протягом 2005 року, а також дані про кількість та площу житлових будинків у містах і районах області.

На рис. 1 наведено результати розрахунків виробництва теплової енергії при впровадженні систем теплопостачання, в котрих використовуються вітрова та сонячна енергія з компенсуванням енергодефіциту з традиційних джерел, для природно-антропогенних умов

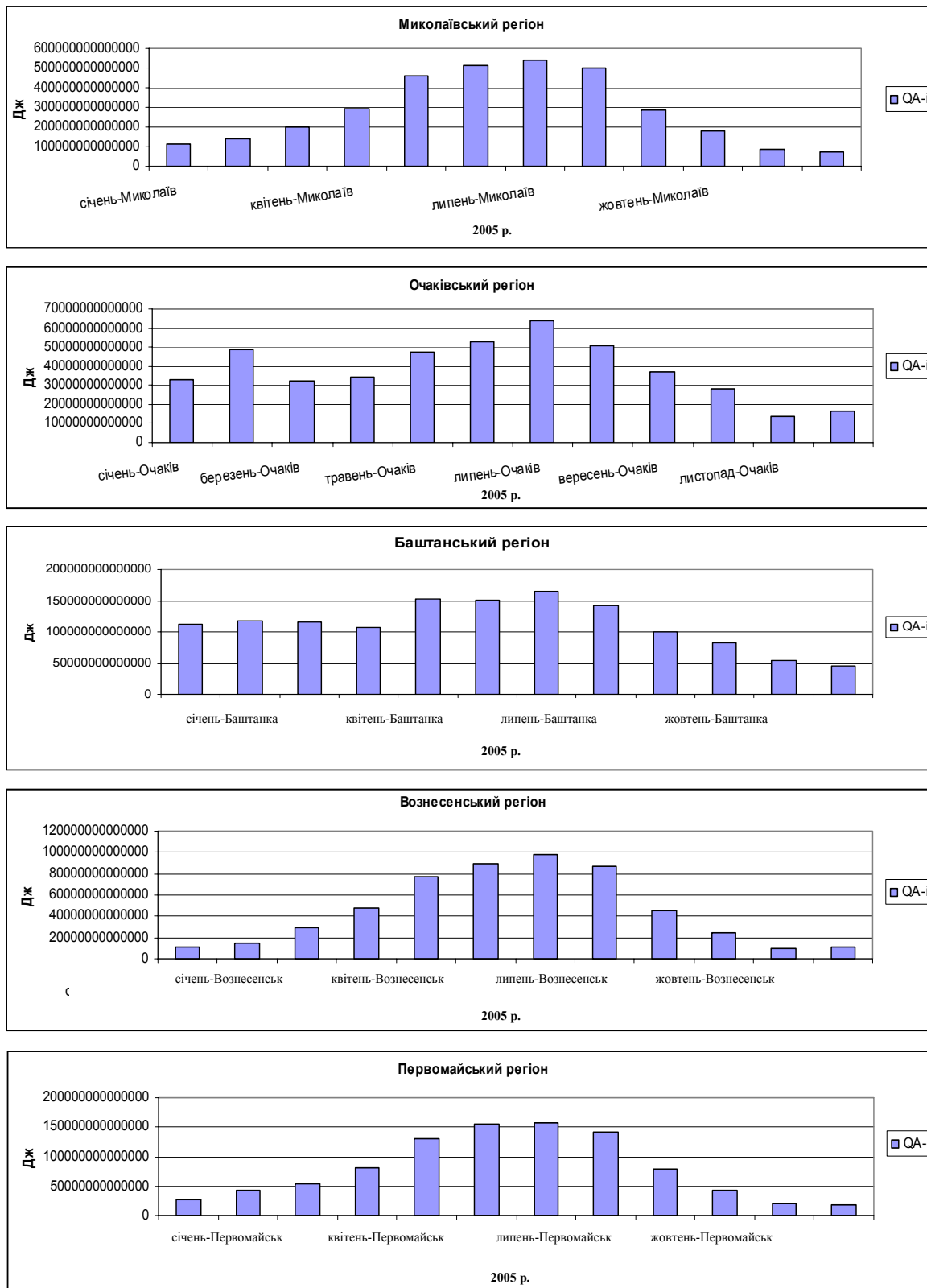


Рис. 1. Розрахунки виробництва теплової енергії за рахунок впровадження вітрогеліоустановок у природно-антропогенних умовах Миколаївської області

На рис. 2 наведено результати розрахунків ресурсозберігаючого ефекту, котрого можна було б досягти в межах Миколаївської області при впровадженні енергоефективних систем з

комбінуванням вітрогеліоустановок з традиційними джерелами енергії в порівнянні з випадками, коли замість них використовувалися б різні традиційні енергоджерела.

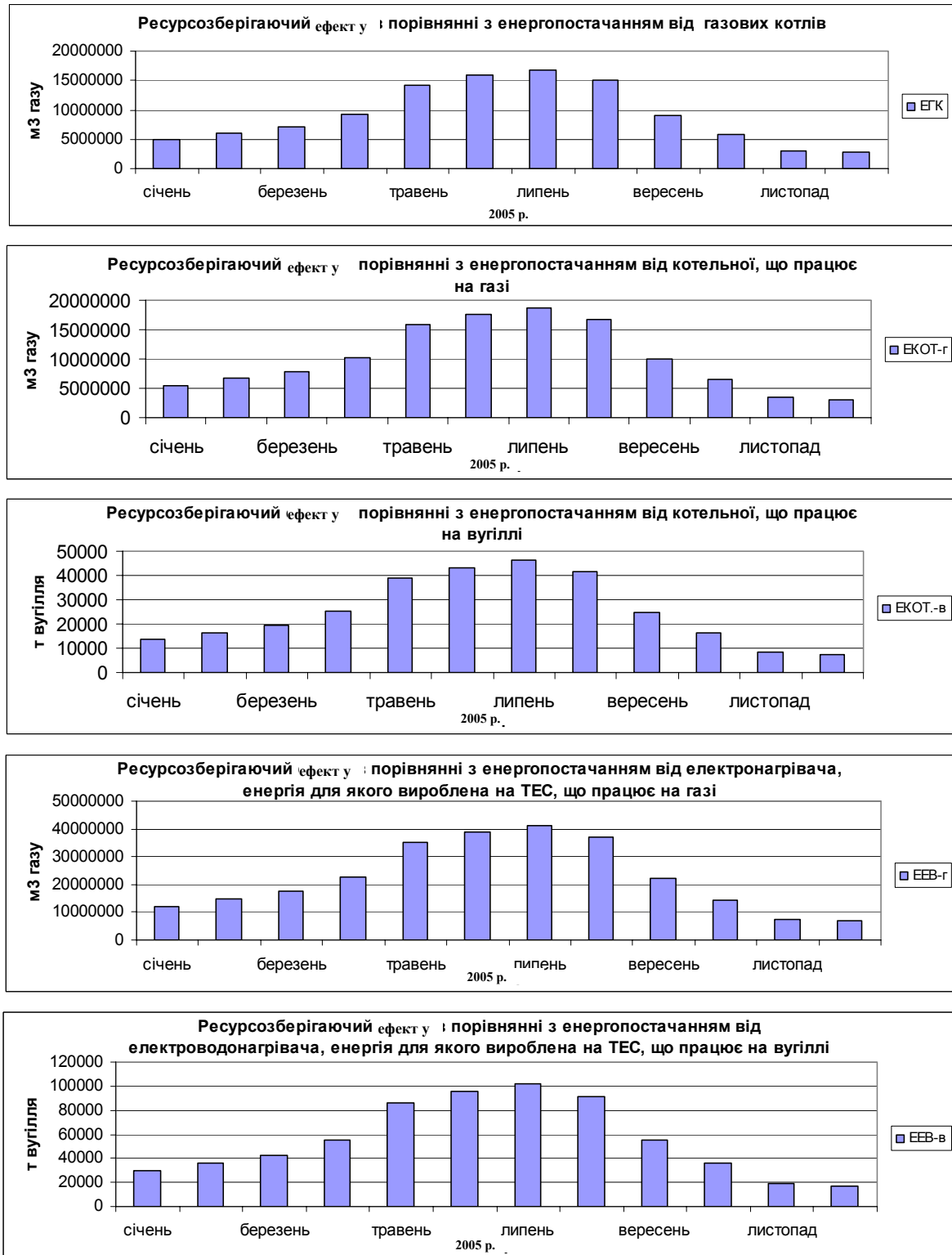


Рис. 2. Ресурсозберігаючий ефект у межах Миколаївської області при порівнянні використання альтернативних систем енергопостачання з традиційними

Розрахований можливий ресурсозберігаючий ефект у межах Миколаївської області за 2005 рік склав:

- при порівнянні систем енергопостачання, в котрих використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел із

системами енергопостачання будівель, в котрих використовуються водогрійні котли, що працюють на природному газі, – 110027 м³ природного газу;

- при порівнянні систем енергопостачання, в котрих використовується комбінування

альтернативних і традиційних джерел, із системами енергопостачання будівель, в котрих використовується теплова енергія, вироблена на централізованій котельній станції – 122253 м³ природного газу, якщо котельня працює на газі, або 301755 т вугілля, якщо котельня працює на вугіллі;

- при порівнянні систем енергопостачання, в котрих використовується комбінування альтернативних і традиційних джерел, із системами енергопостачання будівель, в котрих використовуються електричні водонагрівачі, що працюють від загальної електромережі – 270085 м³ природного газу, якщо ТЕС працює на газі, або 666645 т вугілля, якщо ТЕС працює на вугіллі.

Знаючи обсяги заощаджених традиційних енергоресурсів, можна розрахувати обсяги забруднення довкілля, яких можливо буде уникнути, застосовуючи альтернативні джерела енергії.

Висновки. Відновлювана енергетика в світі розвивається швидкими темпами. Але для більш ефективного застосування нетрадиційних джерел енергії необхідно провести ще багато досліджень

у цій галузі.

Розроблена методика для визначення ресурсозберігаючого ефекту при впровадженні комбінованих вітро-сонячних установок в системи теплохладопостачання будівель з використанням традиційних енергоджерел як компенсаційних дозволяє, використовуючи методи математичного моделювання, розрахувати ресурсозберігаючий ефект від впровадження альтернативних систем енергозабезпечення, тобто обсяги заощаджених традиційних енергоресурсів протягом певного періоду часу (місяця, року) для різних регіонів. Проведені практичні розрахунки ресурсозберігаючого ефекту показали, що в природно-антропогенних умовах Миколаївської області за рахунок використання альтернативних джерел енергії можна досягти достатнього рівня збереження традиційних паливних ресурсів.

Подальшого дослідження вимагає питання підвищення рівня екологічної безпеки регіону за рахунок зменшення викидів у довкілля при зменшенні рівня застосування в системах теплохладопостачання традиційних паливних ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Large Scale Integration of Wind Energy in the European Power Supply: Analysis, Issues and Recommendations. – A Report by EWEA. – December, 2005. – 165p.
2. Energy for Tomorrows World – Acting Now! – WEC Statement, 2000. – 175p.
3. Глобальна революція (огляд відновлюваної енергетики в світі) // Енергетика та електроніка. – 2007. – 10-16 січня. – №1. – С. 7.
4. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / Інститут електродинаміки НАН України. Державний комітет України з енергозбереження. – К., 2000. – 26 с.
5. Забарний Г.М., Шурчков А.В. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Національна академія наук України. Інститут технічної теплофізики. – К., 2002. – 211 с.
6. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
7. Меладзе Н.В. Солнечно-теплонасосная система теплохладоснабжения курортного объекта // Гелиотехника. – 1991. – №5. – С. 52-55.
8. Денисова А.Е. Аккумуляция энергии в гелиосистемах теплоснабжения // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – №2. – С. 9-12.
9. Волков Н., Ковалев И. Ортогональные ветродвигатели малой мощности для регионов с невысоким ветровым потенциалом и расчет их аэродинамических характеристик. The Fifth International Scientific Forum Aims For Future Of Engineering Science. (May 2-8, 2004. – Paris, France). Proceedings. – Paris, France, 2004. – С. 125-128.
10. Неисчерпаемая энергия. – Книга 1. Ветроэлектрогенераторы / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Учебник. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет “Харьковский авиационный институт”; Севастополь: Севастопольский национальный технический университет, 2003. – 400 с.
11. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов / Под ред. А.А. Ионина. – М.; Стройиздат, 1982. – 336 с.
12. Денисова А.Е., Мазуренко А.С. Комбинированные системы теплоснабжения на базе солнечных установок // Экотехнологии и ресурсосбережение – 2002. – №6. – С. 14-19.
13. Клименко Л.П., Воскобойникова Н.О. Модель энергоефективной системы теплохладопостачання будівлі за допомогою вітрогеліоустановки з використанням традиційних джерел енергії як компенсуючих // Праці Інституту електродинаміки Національної Академії наук України. Спеціальний випуск. – К., 2006. – С. 24-28.
14. Юркевич Ю., Возняк О., Люльчак З. Проблемні технічно- і еколого-економічні чинники теплостачання помешкань житлових будинків масової забудови // Ринок інсталяцій. – 2006. – №5. – С. 66-69.
15. Пуховий І.І., Тевельов В.Б. Сонячна енергія для опалення та гарячого водопостачання багатопверхових будівель // Ринок інсталяційний. – 2001. – Червень. – С. 27.