

Висновки. Виконане дослідження дало змогу оцінити сучасні тенденції розвитку технології, перспективи різних напрямів її використання. Крім того, в роботі здійснена детальна класифікація БЕУ, яка дає можливість вести подальші дослідження з метою вдосконалення технології та розширення сфер її застосування. На основі огляду технології висвітлено нові технічні рішення та їх можливий вплив на перспективи використання анаеробного розкладу в народному господарстві України.

Сучасні світові тенденції в сфері природокористування і охорони довкілля визначаються поворотом від ліквідації наслідків антропогенного впливу людської діяльності до все активнішого запобігання і усунення причин погіршення стану довкілля. Велика кількість відходів, які накопичувались протягом десятиліть, сьогодні потребують утилізації. Інтенсифікація виробництва вплинула і на галузі, які, на перший погляд, завдають мало шкоди довкіллю: сільське господарство, переробна промисловість тощо. Висока концентрація поглов'я і інші проблеми призвели до того, що забруднення від цих галузей народного господарства є інколи не меншим, ніж від традиційно "брудних" енергетики, транспорту тощо [5]. Протягом останніх десятиліть технологія анаеробного розкладу пройшла новий етап розвитку і сьогодні може розглядатись як один з найефективніших методів утилізації відходів органічного походження. Тому її належне використання повинно розглядатись як важливий інструмент енергетичної та природоохоронної політики держави.

1. Report, International Conference on biogas, Technologies and Implementation Strategies, 10—15.01.1990, Pune, India. 2. Семененко И.В. Проектирование биогазовых установок — Суми, 1996. 3. Шумський Т., Якубеня Я., Желих В., Юркевич Ю. Системи теплопостачання ферментеру біогазової установки, Львів, I Міжнародна науково-практична конференція: "Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні" (Львів, травень 2001 р.). 4. Wellinger A., Baserga U., Edelmann W., Egger K., Seiler B. Biogas-handbuch Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen, Verlag Wirz Aarau, 1986. 5. A short history of anaerobic digestion, USA, 2001.

УДК 621.182.1

Й. Мисак¹, І. Марчак², Я. Івасик¹,
І. Демчук¹, Н. Лашковська¹

¹Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій
²МКП "Львівтеплоенерго"

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ ПОВЕРХНІ ВОДОГРІЙНОГО КОТЛА В ДОВКІЛЛЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

© Мисак Й., Марчак І., Івасик Я., Демчук І., Лашковська Н., 2004

Article is devoted to determination of heat losses from surface of generator heat. Stated ways of effective determination of these losses.

Вступ. Сьогодні залишаються нерозв'язаними задачі з виявлення конструктивних, експлуатаційних та режимних факторів, що спрямовані на вдосконалення водогрійних котлів та оптимізацію втрат тепла в довкілля для котлів, що експлуатуються в Україні типу КВ-ГМ; ТВГ; КСВ; КСВТ; НИИСТУ; котли Стребеля тощо. Крім того, нині немає єдиної методики з визначення втрат тепла

водогрійних котлів q_5 , немає розроблених нормативів, які існують, наприклад, для енергетичних котлів, немає галузево-керуючих документів (ГКД), за допомогою яких можна було б науковим установам, інженерним та ремонтним організаціям, а також безпосередньо експлуатаційному персоналу визначати втрати тепла q_5 . Важливим фактором в цій проблемі є те, що відсутні норми втрат тепла q_5 для різних типів котлів, тобто втрати тепла не регламентовані, а відповідно контроль за втратами тепла котлами q_5 недостатній. Перевищення втрат тепла q_5 водогрійними котлами повинні зумовлювати економічні санкції.

Постановка проблеми. Існує ряд наукових та інженерних задач, які потрібно розв'язати для визначення та оптимізації q_5 для водогрійних котлів. Їх розв'язання дасть змогу підвищити економічність роботи водогрійних котлів, яких в експлуатації нашої держави є десятки тисяч штук [1—4]. Збільшення ККД котла знизить витрату дорогих висококалорійних палив. Вихідними даними в роботі є основні закони тепломасообміну, математичного моделювання та оптимізації. Підставою для їх застосування у теоретичних та експериментальних дослідженнях теплових втрат в доквілля є те, що вони належать до класу випадкових тепломасообмінних процесів, визначення достовірних їх величин пов'язане з великою кількістю експериментальних досліджень. Необхідність таких досліджень обґрунтовується тим, що втрати тепла в доквілля є кількісно найбільш невизначеною величиною, що визначається із значними труднощами, зумовленими складністю прямих вимірювань і багатоваріантністю методів підходу до розрахунку цього показника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [5] описана методика визначення втрат тепла в доквілля водогрійними котлами q_5 , під час розробки якої використано роботи [6—8] і результати досліджень водогрійних котлів [9—12].

Викладення основного матеріалу. Нехай ми маємо стіну, яка складається з трьох матеріалів. Введемо систему координат Oxy (див.рис.1). Якщо $x = 0$, стіна нагрівається температурою T_C .

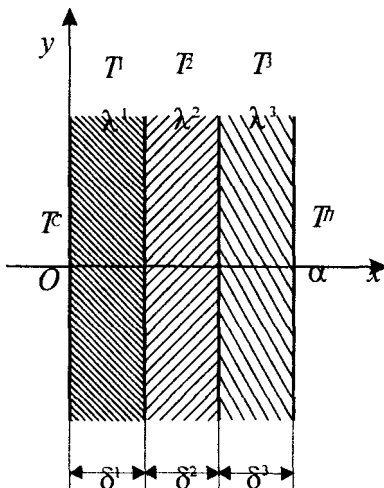


Рис. 1. Фізична модель теплопередачі через теплоізоляційну поверхню

Товщини шарів позначимо через $\delta_1, \delta_2, \delta_3$. Введемо такі позначення: t – час, $T_1(x, t)$ – температура у першому шарі у момент часу t у точці x , $T_2(x, t)$ – температура у другому шарі у момент часу t у точці x , $T_3(x, t)$ – температура у другому шарі у момент часу t у точці x , T_n – температура повітря, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коефіцієнти теплопровідності першого, другого та третього шарів відповідно, α – коефіцієнт тепловіддачі, a_1^2, a_2^2, a_3^2 – коефіцієнт температуропровідності першого, другого та третього шарів відповідно.

Потрібно визначити температуру при $x = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ та температури в шарах. Математична модель задачі буде включати [13]:

Загальні співвідношення задачі:

1. Рівняння теплопровідності:

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a_1^2 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial T_2}{\partial t} = a_2^2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial T_3}{\partial t} = a_3^2 \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2}, \quad (1)$$

де $a_1^2 = \frac{\lambda_1}{c_1 \rho_1}$, $a_2^2 = \frac{\lambda_2}{c_2 \rho_2}$, $a_3^2 = \frac{\lambda_3}{c_3 \rho_3}$, c_1, c_2, c_3 — теплоємність першого, другого та третього шарів відповідно, ρ_1, ρ_2, ρ_3 — густина першого, другого та третього шарів відповідно.

2. Оскільки в початковий момент часу температура в шарах дорівнювала температурі повітря, то:

$$T_1(x, 0) = T_{\text{п}}, \quad (2)$$

$$T_2(x, 0) = T_{\text{п}}, \quad (3)$$

$$T_3(x, 0) = T_{\text{п}}. \quad (4)$$

3. Якщо $x = 0$, стінка нагрівається температурою:

$$T_1(0, t) = T_C. \quad (5)$$

4. Оскільки при $x = \delta_1$ і $x = \delta_1 + \delta_2$ маємо границю двох тіл, то:

$$T_1(\delta_1, t) = T_2(\delta_1, t), \quad (6)$$

$$\lambda_1 \left(\frac{\partial T_1}{\partial x} \right) \Big|_{x=\delta_1} = \lambda_2 \left(\frac{\partial T_2}{\partial x} \right) \Big|_{x=\delta_1}, \quad (7)$$

$$T_2(\delta_1 + \delta_2, t) = T_3(\delta_1 + \delta_2, t), \quad (8)$$

$$\lambda_2 \left(\frac{\partial T_2}{\partial x} \right) \Big|_{x=\delta_1 + \delta_2} = \lambda_3 \left(\frac{\partial T_3}{\partial x} \right) \Big|_{x=\delta_1 + \delta_2}. \quad (9)$$

5. Якщо $x = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$, йде вивільнення тепла через граничну поверхню, тому:

$$\lambda_3 \left(\frac{\partial T_3}{\partial x} \right) \Big|_{x=\delta_1 + \delta_2 + \delta_3} = \alpha (T_{\text{п}} - T|_{x=\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}). \quad (10)$$

Потрібно визначити $T_1(x, t)$, $T_2(x, t)$, $T_3(x, t)$. цю задачу розв'яжемо числово методом сіток.

Метод сіток

Ми в системі координат Oxt маємо область, зображену на рис. 2. Розділимо її на сітки так:

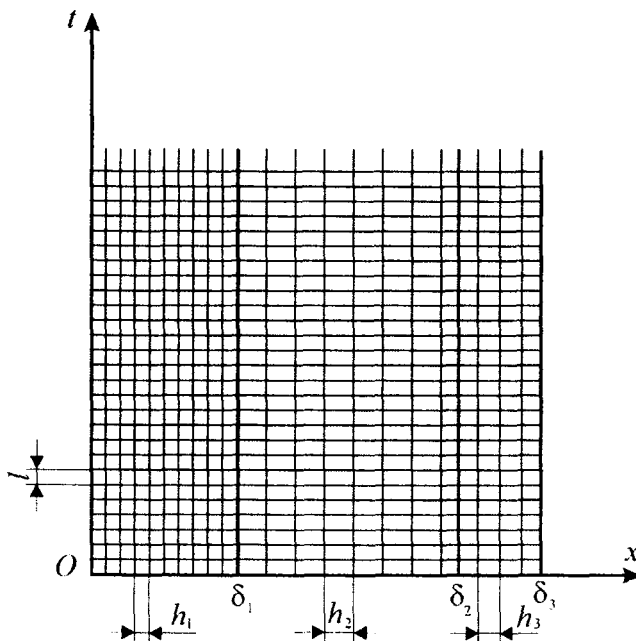


Рис. 2. Застосування методу сіток

— для $0 \leq x \leq \delta_1$: $x_i = ih_1$, $i = \overline{0, I}$;

— для $\delta_1 \leq x \leq \delta_1 + \delta_2$: $x_k = \delta_1 + kh_2$, $k = \overline{0, K}$;

— для $\delta_1 + \delta_2 \leq x \leq \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$: $x_n = \delta_1 + \delta_2 + nh_3$, $n = \overline{0, N}$;

— для $0 \leq t \leq T$: $t = jl$, $j = \overline{0, J}$.

Похідні замінимо різницями так:

$$\frac{\partial T_m^m}{\partial t} \approx \frac{T_{i,j+1}^m - T_{i,j}^m}{l}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2 T_m^m}{\partial x^2} \approx \frac{T_{i+1,j}^m - 2T_{i,j}^m + T_{i-1,j}^m}{h_m^2}, \quad m = 1, 2, 3. \quad (12)$$

Якщо підставити (11) і (12) у (1), то отримаємо:

$$\frac{T_{i,j+1}^m - T_{i,j}^m}{l} = a_m^2 \frac{T_{i+1,j}^m - 2T_{i,j}^m + T_{i-1,j}^m}{h_m^2}, \quad m = 1, 2, 3. \quad (13)$$

Або:

$$T_{i,j+1}^1 = \left(1 - 2\frac{la_1^2}{h_1^2}\right)T_{i,j}^1 + \frac{a_1^2 l}{h_1^2}(T_{i+1,j}^1 + T_{i-1,j}^1), \quad (14)$$

$$T_{i,j+1}^2 = \left(1 - 2\frac{la_2^2}{h_2^2}\right)T_{i,j}^2 + \frac{a_2^2 l}{h_2^2}(T_{i+1,j}^2 + T_{i-1,j}^2), \quad (15)$$

$$T_{i,j+1}^3 = \left(1 - 2\frac{la_3^2}{h_3^2}\right)T_{i,j}^3 + \frac{a_3^2 l}{h_3^2}(T_{i+1,j}^3 + T_{i-1,j}^3). \quad (16)$$

Введемо позначення:

$$\alpha_1 = \frac{la_1^2}{h_1^2}, \quad \alpha_2 = \frac{la_2^2}{h_2^2}, \quad \alpha_3 = \frac{la_3^2}{h_3^2}. \quad (17)$$

Для того, щоб різницєва схема була стійкою, має виконуватися [14]:

$$\alpha_1 \leq \frac{1}{2}, \quad \alpha_2 \leq \frac{1}{2}, \quad \alpha_3 \leq \frac{1}{2}. \quad (18)$$

Величину h_1 , задавши l , виберемо так:

$$h_1 = \frac{\delta_1}{I}. \quad (19)$$

Тоді на основі (18) виберемо J , а тоді і

$$l = \frac{T}{J}, \quad (20)$$

так, щоб виконувалась нерівність (17).

Аналогічно на основі (18), маючи l , виберемо K і N і тоді

$$h_2 = \frac{\delta_2}{K}, \quad (21)$$

$$h_3 = \frac{\delta_3}{N}. \quad (22)$$

так, щоб виконувалась нерівність (17).

Тепер перерахуємо початкові і крайові умови:

з (2):

$$T_{i0}^1 = 0, \quad i = \overline{0, I}, \quad (23)$$

з (3):

$$T_{i0}^2 = 0, \quad i = \overline{0, K}, \quad (24)$$

з (4):

$$T_{i0}^3 = 0, \quad i = \overline{0, N}, \quad (25)$$

з (5):

$$T_{0j}^1 = T_C, \quad j = \overline{0, J}, \quad (26)$$

з (6):

$$T_{Nj}^1 = T_{0j}^2, \quad j = \overline{1, J}, \quad (27)$$

з (8):

$$T_{Kj}^2 = T_{0j}^3, \quad j = \overline{1, J}, \quad (28)$$

з (7):

$$\lambda_1 \left[\frac{T_{Nj}^1 - T_{N-1j}^1}{h_1} \right] = \lambda_2 \left[\frac{T_{1j}^2 - T_{0j}^2}{h_2} \right],$$

а врахувавши (26), можна записати:

$$T_{0j}^2 - T_{N-1j}^1 = \frac{\lambda_2 h_1}{\lambda_1 h_2} [T_{1j}^2 - T_{0j}^2],$$

або

$$T_{0j}^2 = \frac{\frac{\lambda_2 h_1}{\lambda_1 h_2} T_{1j}^2 + T_{N-1j}^1}{1 + \frac{\lambda_2 h_1}{\lambda_1 h_2}} = \frac{\lambda_2 h_1 T_{1j}^2 + \lambda_1 h_2 T_{N-1j}^1}{\lambda_2 h_1 + \lambda_1 h_2}.$$

Отже, можна записати:

$$T_{Nj}^1 = T_{0j}^2 = \frac{\lambda_2 h_1 T_{1j}^2 + \lambda_1 h_2 T_{N-1j}^1}{\lambda_2 h_1 + \lambda_1 h_2}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (29)$$

з (9) аналогічно:

$$T_{Kj}^2 = T_{0j}^3 = \frac{\lambda_3 h_2 T_{1j}^3 + \lambda_2 h_3 T_{N-1j}^2}{\lambda_3 h_2 + \lambda_2 h_3}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (30)$$

з (10):

$$\lambda_3 \left[\frac{T_{Nj}^3 - T_{N-1j}^3}{h_3} \right] = \alpha [T_{\Pi} - T_{Nj}^3],$$

або:

$$T_{Nj}^3 \left[1 + \frac{\alpha h_3}{\lambda_3} \right] = \frac{\alpha h_3}{\lambda_3} T_{II} + T_{N-1j}^3.$$

Отже, можна записати:

$$T_{Nj}^3 = \frac{\alpha h_3 T_{II} + \lambda_3 T_{N-1j}^3}{\lambda_3 + \alpha h_3}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (31)$$

Отже, за допомогою методу сіток ми отримали співвідношення (14) — (16) та (20) — (31) для знаходження $T_{ij}^1, T_{kj}^2, T_{nj}^3$.

Розрахунок втрати тепла в доквілля

Отже, ми можемо визначити температуру поверхні теплоізоляції T_{III} при $x = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$. Тоді тепловий потік через цю поверхню ми можемо визначити за формулою:

$$q = \alpha (T_{III} - T_{II}). \quad (32)$$

Втрату тепла можна обчислити за формулою [5]:

$$q_s = \frac{qF\eta \cdot 10^{-6}}{Q}, \quad (33)$$

де F — площа поверхні теплоізоляції, η — ККД бруто котла, Q — теплопродуктивність котла.

Оскільки котел складається з декількох поверхонь то ми можемо обчислити температуру поверхні теплоізоляції для кожної поверхні, тоді за (32) визначити тепловий потік через q_i кожну поверхню площею F_i і за (32) втрату тепла q_s^i для кожної поверхні, де N — кількість поверхонь котла, а $i = \overline{1, N}$. Тоді середній тепловий потік можна знайти за формулою:

$$q_c = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (34)$$

$$q_s^{cep} = \sum_{i=1}^N q_s^i. \quad (35)$$

Отже, за (35) можна визначити загальну втрату тепла в доквілля.

Цим методом проведені розрахунки втрат тепла в доквілля для котлів: КСВ—1; КВ—Г—4; КВ—ГМ—10; КВ—Г—6,5; КВ—ГМ—50; ТВГ8М, а результати наведені на рис. 3. а загальну втрату тепла за формулою

$$q_s^{cep} = \sum_{i=1}^N q_s^i.$$

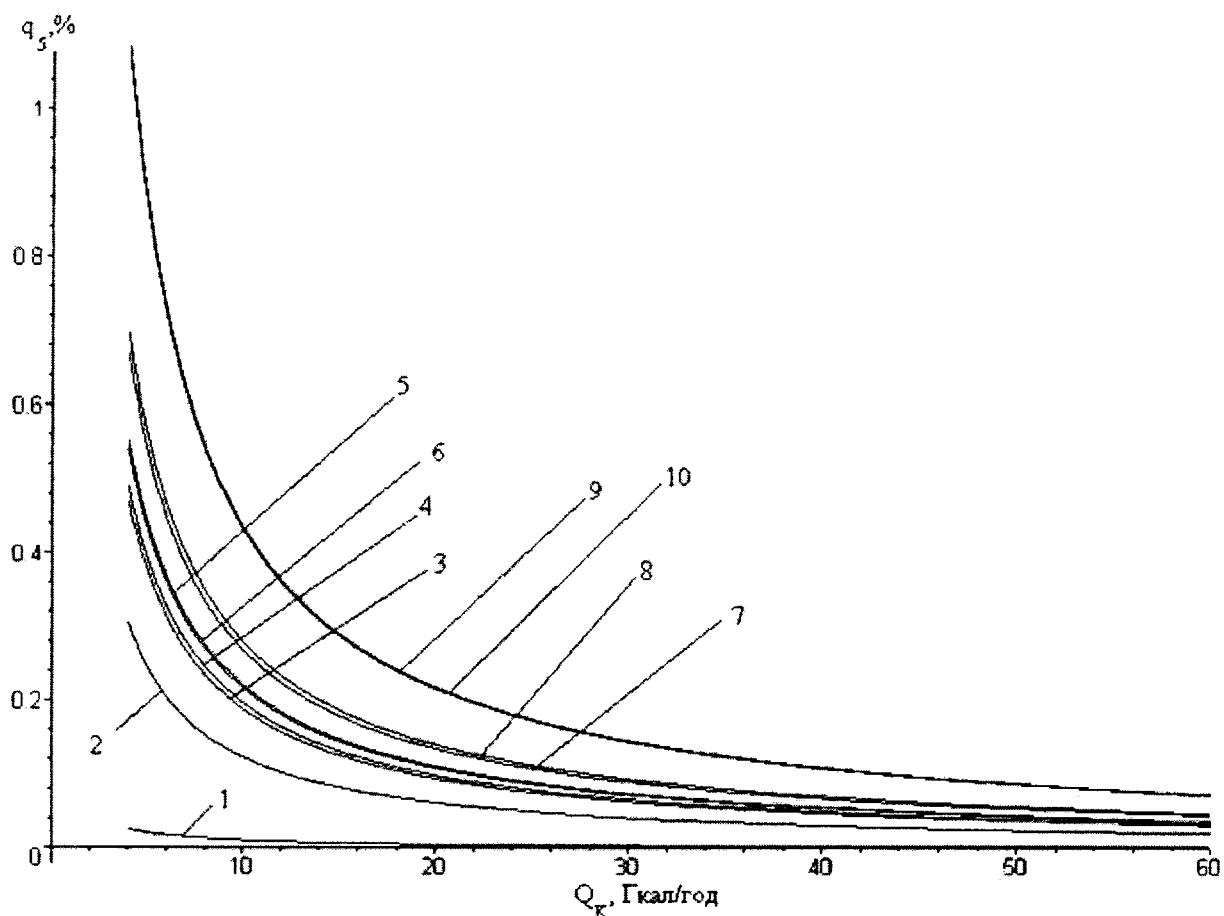


Рис. 3. Залежність втрати тепла в доквілля водогрійними котлами від теплового навантаження: крива 1 — Котел КСВ-1 № 1, Котельня "Городоцька"; крива 2 — Котел КВ-Г-4,0 № 1, Котельня "Замарстинівська"; крива 3 — Котел КВ-ГМ-10 № 1, Котельня "Хлібна"; крива 4 — Котел КВ-Г-5 № 2, Котельня "Пулюя"; крива 5 — Котел КВ-Г-6,5 № 3, Котельня "Випасова"; крива 6 — Котел КВ-Г-6,5 № 1, Котельня "Випасова"; крива 7 — Котел КВ-ГМ-50 № 3, Котельня "Сихів-Кінескоп"; крива 8 — Котел КВ-ГМ-50 № 4, Котельня "Сихів-Кінескоп"; крива 9 — Котел ТВГ-8М № 2, Котельня "Інструментальна"; крива 10 — Котел ТВГ-8М № 1, Котельня "Інструментальна"

Висновки .Розроблена методика аналітичних розрахунків втрат тепла в доквілля водогрійними котлами.

Аналітичні розрахунки втрат тепла в доквілля виконані на таких водогрійних котлах: КСВ-1; КВ-Г-4; КВ-ГМ-10; КВ-Г-6,5; КВ-ГМ-50; ТВГ-8М. Результати наведені на рис. 3.

Аналіз виконаних розрахунків показує, що із збільшенням теплового навантаження втрати тепла в доквілля зменшуються.

1. Пермяков Б.А. Новые водогрейные котлы большой производительности // Энергетик. — 1974. — № 12. — С. 31—32.
2. Сигал И.Я. Методы сжигания топлива с пониженным образованием оксидов азота в газомазутных котлах ТЭС // Новини енергетики. — 1997. — № 12. — С. 34—38.
3. Бузников Е.Ф., Сидоров В.Н. Водогрейные котлы и их применение на электростанциях и в котельных. — М., 1965.
4. Валеник Я., Гротка П. Новые котлы для теплоэлектроцентралей // Энергомашиностроение. — 1982. — № 3. — С. 44—47.
5. Голишев Л.В., Марчак И.И., Мисак Й.С. Методика визначення і норми втрати тепла в доквілля / Котли водогрійні теплопродуктивністю до 58,1МВт (50Гкал/год). ГКД 34.26.302-2002. — К., 2002. — 14 с.
6. Пеккер Я.Л. Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам (обобщенные методы). — М., 1977.
7. Внуков А.К., Синякевич Б.Г., Чабан О.И. Исследование тепловых потерь в окружающую среду на электростанциях с блоками высокого и сверхвысокого давлений // Электрические станции. — 1958. — № 11. — С. 19—22.
8. Определение тепловыделений в котельном цехе / З.Ф.Немцев, Г.В.Арсеньев, Е.Н.Белоногов и др. // Электрические станции. — 1958. — № 5. — С. 36—39.
9. Марчак И.И., Голишев Л.В., Мисак Й.С.

Метод контролю втрати тепла технологічним устаткуванням котельні // Энергетика и электрификация. — 2000. — № 5. — С. 27—29. 10. Марчак И.И., Гольшев Л.В., Мысак И.С. Результаты исследования по определению потери тепла в окружающую среду водогрейными котлами // Электрические станции. —2000. — № 7. — С. 11—15. 11. Марчак И.И., Гольшев Л.В., Мысак И.С. Методика определения потери тепла паровым котлом в окружающую среду // Теплоэнергетика. —2001. — № 10. — С. 67—70. 12. Марчак И., Мысак И. Визначення втрат тепла в довкілля водогрійними котлами // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". —2002. — № 452. — С. 178—181. 13. Беляев Н. М. Методы теории теплопроводности. В 2-х частях. Ч. 1.— М., 1982. — 327 с. 14. Березин И. С., Жидков Н. П. Методы вычислений. В 2-х частях. Ч. 2. М., 1962.

УДК 621.311

Р. Пеленський, І. Пеленська

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теоретичної та загальної електротехніки

ОЧИЩЕННЯ ДОВКІЛЛЯ З ПАРАЛЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

© Пеленський Р., Пеленська І., 2004

The problem of converting garbage as well as agricultural waste into the electrical energy has been analyzed. The issue of using pollution territories biological mass for the purpose of power supply has been tackled alongside of the question of utilizing harmful emission in the wake of technogenic accidents.

Постановка проблеми. Проблема очищення довкілля економічно вигідними методами особливо актуальна для нашої держави, яка, окрім побутових та сільськогосподарських відходів, має ще величезні кількості біомаси забруднених техногенними аваріями територій, які можна перетворити в електроенергію або використати з користю за допомогою інших сучасних технологій.

Аналіз останніх досліджень. Питанням аналізу можливостей створення альтернативної енергетики на основі перероблення побутових, сільськогосподарських відходів та відходів деревообробної промисловості присвячено дуже багато досліджень як в Україні, так і в інших країнах [1—3]. Робіт, які містили б аналіз можливостей використання біомаси забруднених територій для виробництва електроенергії, практично нема, хоч лише Чорнобильська зона відчуження має понад 50 мільйонів метрів кубічних забрудненої радіонуклідами деревини, не враховуючи дерев'яних частин тих десяти тисяч забруднених будівель, які через сильну забрудненість радіонуклідами потребують знесення і захоронення. Не проаналізовано в літературі можливостей збагачення сміттємаси відходами газової та нафтової промисловості, які в такому разі дають найбільший економічний ефект. Практично зовсім відсутній аналіз можливостей використання споруд та ладунків до зброї в альтернативній енергетиці при конверсії.

Мета досліджень. Основною метою досліджень, виконаних у цій роботі, є аналіз можливостей очищення забруднених територій економічно вигідними методами з паралельним виробництвом електроенергії та можливостей виробництва інших корисних технічних продуктів, можливостей перероблення сміттємаси та відходів сільськогосподарської та деревообробної промисловості у разі їх збагачення енергоносіями з відходів нафтогазової промисловості та військовопромислового комплексу. Крім того, вимагають досліджень можливості використання сільгоспугідь забруднених територій для вирощування спеціальних енергомістких видів біомаси, яка б накопичувала радіонукліди та інші забруднювачі середовища.