

Тобто для діаметрів отворів 4 – 6 мм коефіцієнти масовіддачі в інтенсивному режимі в 1,5 – 2 рази нижчі. Але доцільно використовувати отвір 6 мм через меншу вартість виготовлення перфорації розбризкувача та збільшення надійності роботи в умовах заростання отворів.

### Висновки

В результаті дослідження гідродинаміки процесу встановлено лінійну залежність між діаметрами краплин та діаметрами отворів у насадці. Встановлено лінійну залежність швидкості падіння краплин від їх діаметра.

В результаті дослідження кінетики процесу встановлено і проаналізовано два режими абсорбції. Виявлено, що кінцева концентрація кисню у воді, ступінь її насичення істотно залежать від діаметра отвору у насадці. На основі експериментальних даних та рівнянь кінетики процесу розраховані коефіцієнти масовіддачі для обох режимів. Одержані результати дають можливість визначити швидкість процесу абсорбції кисню краплинами води, утворених насадками з різними отворами і які падають з різної висоти, а також час, необхідний для досягнення заданої концентрації газу у рідині.

На підставі цих даних можна визначити основні геометричні розміри абсорбера, а саме – висоту та діаметр апарата.

1. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. *Основи загальної екології*. – К., 1995.
2. Николадзе Г.И. *Технология очистки природных вод*. – М., 1988.
3. Вітенько Т.М. *Інтенсифікація процесів кондиціювання води з використанням гідродинамічного кавітаційного реактора: Автореф. канд. дис.* – Львів, 1995.
4. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г., Вакуленко В.Ф. *Озонирование как метод подготовки воды: возможные побочные продукты и технологическая оценка. / Химия и технология воды*. – 1995. – Т. 17, №1.
5. Левицький Б.Ф., Лециій Н.П. *Гідравліка*. – Львів, 1994.
6. Кафаров В.В., Глебов М.В. *Математическое моделирование основных процессов химических производств*. – М., 1991.

УДК.621.187.3

Є. Якимів\*, Й. Мисак\*, М. Крук\*\*

\* Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра теплоенергетики та теплових електричних станцій  
\*\* ВАТ "ЛьвівОРГРЕС"

## СХЕМИ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ КОТЛА ТГПМ-314 ПІД ЧАС ПРОСТОЮВАННЯ БЛОКА У РЕЗЕРВІ

© Якимів Є., Мисак Й., Крук М., 2003

**The keeping of vapour boilers reserved requires thermal and electric energy to supply. The energy consumption can be controlled by choosing various air supply schemes. Optimal scheme should be selected individually for each certain case.**

### Постановка проблеми

В останні роки режим експлуатації електростанцій характеризується частими призупиненнями в резерв енергоблоків 200 і 300 МВт, і насамперед блоків з газомазутними котлами (наприклад, котел ТГМП-314) та котельними установками, які працюють на газі чи мазуті, з метою заощадження дорогих палив (мазуту, природного газу). У зв'язку з цим виникає

проблема захисту від корозії зовнішніх і внутрішніх поверхонь пароводяного тракту та збереження в працездатному стані основного і допоміжного устаткування. Постійну увагу приділяють захисту внутрішніх поверхонь пароводяного тракту, відповідно нагромаджено чималий досвід щодо методів їх захисту [1, 2]. Для захисту від корозії зовнішніх поверхонь нагріву такого досвіду немає, хоча ця проблема не менша, а навіть актуальніша, тому що зовнішні поверхні нагріву знаходяться у більш несприятливих умовах (наявність на поверхнях відкладень з агресивними компонентами [3], більший вплив на корозійні процеси довкілля).

### Аналіз останніх публікацій

Згідно з [4, 5] для захисту зовнішніх поверхонь нагріву і газоходів котлів застосовують термічні методи, які ґрунтуються на тому, що поверхні, які можуть пошкоджуватись корозією, повинні підігріватись до температури не нижчої, ніж температура точки роси [6]. Використання термічних методів захисту призводить до затрат теплової та електричної енергії, величина яких залежить від схем транспортування повітря.

### Мета статті

Питання залежності витрат енергії від схем транспортування повітря є ще маловисвітленим у вищеперерахованих літературних джерелах, а тому ця проблема є метою цієї роботи.

### Виклад основного матеріалу

В умовах збереження устаткування в резерві захист від корозії здійснюється за рахунок транспортування через газоповітряний тракт котлів повітря, нагрітого у калориферах до температури 50 – 90<sup>0</sup>С. Підігріте повітря проходить через регенеративний повітропідігрівник (РПП), подається в пальники котла і переміщається через його газовий тракт, нагріваючи поверхні нагріву до певної температури, і відводиться через димову трубу назовні. Підігрів повітря здійснюється в калориферах типу КСО-110 паром із колектора власних потреб 13 ат. Повітря на калорифери відбирається із приміщення котлотурбінного цеху, коли є плюсова температура зовнішнього повітря, і ззовні – у випадку мінусових температур. Повітря рухається згідно з [4] по газоповітряному тракту за рахунок самотяги котла та димової труби.

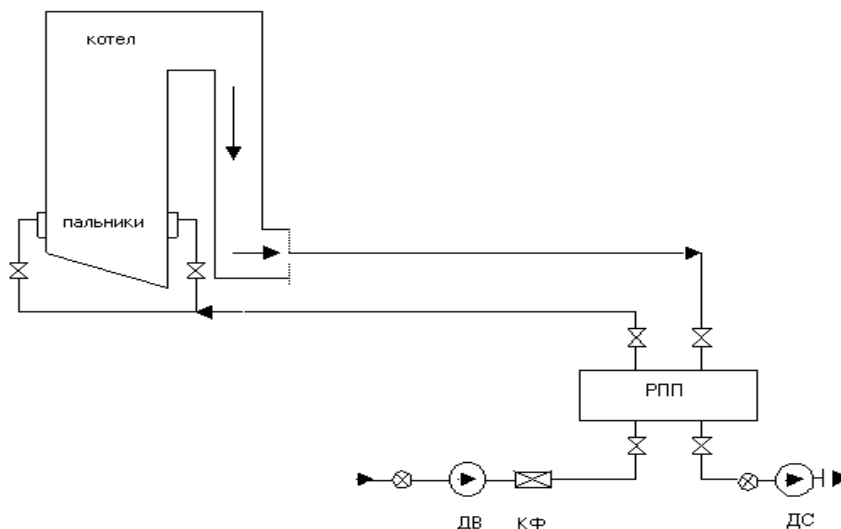


Рис. 1. Схема транспортування підігрітого повітря по газоповітряному тракту за допомогою самотяги

Для подачі повітря використовуються переважно дві схеми транспортування підігрітого повітря за рахунок самотяги котлів і димової труби, яка характеризується розрідженням за димосмоком на рівні 40 – 70 кгс/м<sup>2</sup> [4, 7]. У першій схемі підігріте повітря

подається в котел, нагріває поверхні нагріву (рис. 1), а у другій схемі задіяні один або два димосмоки рециркуляції газів (ДРГ) (рис. 2.). Схеми транспортування підігрітого повітря також можуть бути використані для підвищення температури повітря в межах непрацюючих котлів, що є актуально у зимовий період. У схемі рис. 2, а використовується один димосмок рециркуляції газів (ДРГ), у схемі рис. 2,б використовується окремо один із двох ДРГ або одночасно два ДРГ, що дає можливість маневрування і забезпечення безперебійної подачі повітря в межах котла. Це має важливе значення в зимовий період, коли є надто низькими температури зовнішнього повітря.

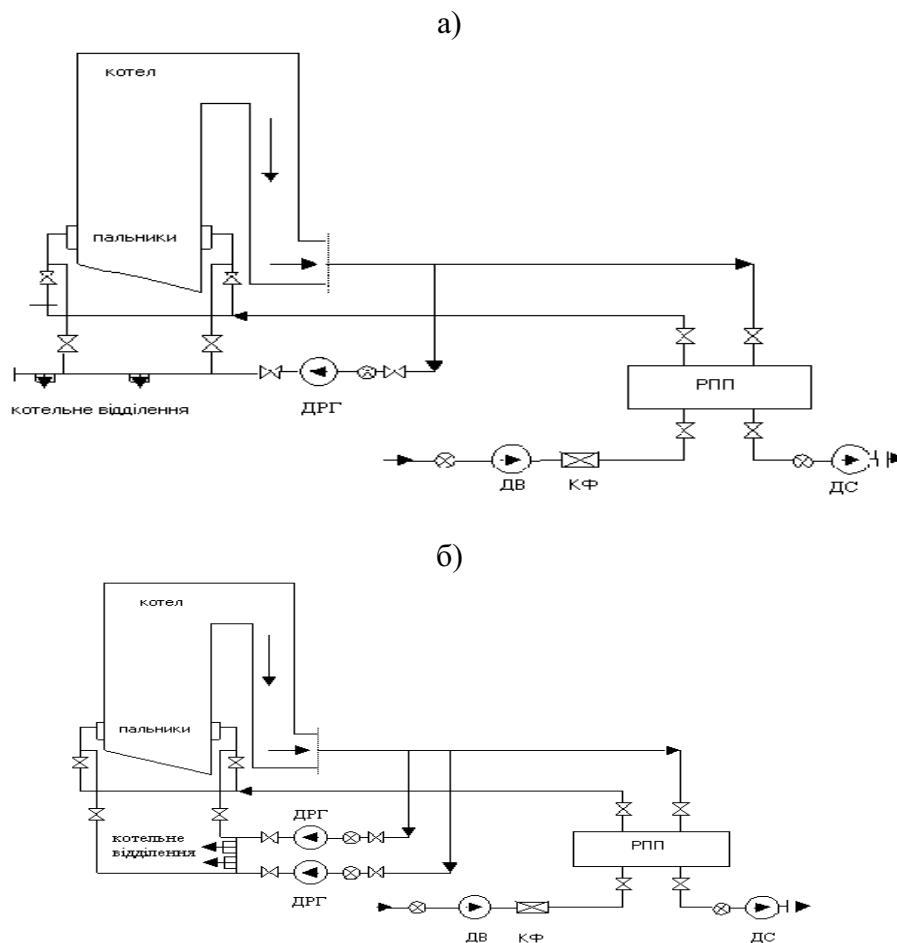


Рис. 2. Схеми транспортування підігрітого повітря по газоповітряному тракту за допомогою:  
а) – одного ДРГ; б) – двох ДРГ

Димосмоки рециркуляції димових газів використовуються для одночасного транспортування більшої кількості підігрітого повітря, частина якого може використовуватись для підвищення температури в котельному відділенні з метою запобігання розморожування окремих вузлів котлів. Скидання підігрітого повітря здійснюється через два спеціальні люки на газоході рециркуляції димових газів між нульовою і дев'ятою позначками. Регулювання кількості повітря здійснюється напрямними апаратами дуттевих вентиляторів (ДВ), димосмоків (ДС), що контролюється показчиками їх положення.

В умовах експлуатації з метою запобігання пошкодженню радіальних ущільнень регенеративних повітропідігрівників під час зупину котлів (блоків) плити цих ущільнень

відводяться від радіальних ребер роторів, а повітропідігрівники не відключаються, тобто їх ротори продовжують обертатись. Однак прийнята схема транспортування з відведеними плитами не забезпечує протікання всього потоку підігрітого повітря через весь газовий тракт, тобто паливня - димосмок і не забезпечує достатнього нагріву поверхонь котла. Нагріте в калориферах повітря, що транспортується по газоповітряному тракту з відведеними радіальними плитами, перетікає через збільшені щілини в газоходи перед ДС і виноситься в димову трубу. Обертання роторів РПП також сприяє збільшенню на 3 – 5 % перетоків повітря в газохід за рахунок його переносу ротором.

Під час випробувань, паралельно з визначенням втрат тепла, оцінювалась ефективність щодо застосовуваних схем транспортування повітря з метою оптимального використання тепла для захисту поверхонь нагріву котла. Зокрема було встановлено, що практично в усіх випадках транспортування повітря відбувалось при відведених плитах радіальних ущільнень повітропідігрівника та включених на обертання їх роторів. У цьому випадку нагріте повітря калориферів частково перетікало та переносилось в газоходи перед димосмоками, обминаючи газоповітряний тракт котла, що призводило до додаткових витрат тепла і зниження ефективності нагрівання поверхонь нагріву.

Наведені дані дають підставу зробити такі основні висновки при порівнянні цих схем:

1) транспортування по тракту котла нагрітого повітря у разі відведених плит радіальних ущільнень і включення на обертання роторів РПП внаслідок зменшення опору для перетікання і переносу повітря в газоходи димосмоків, зумовлює збільшення витрати повітря за котлом від 138 до 151 тис. м<sup>3</sup>/год, тобто на 13.0 тис. м<sup>3</sup>/год;

2) втрата тепла при цьому, за рахунок збільшення витрати та температури повітря на 25 – 30<sup>0</sup>С, зростає більше ніж у два рази (0.912 до 1.98 Гкал/год, тобто на 1.07 Гкал/год або на 25.7 Гкал на добу).

Експериментально визначено, що за такої схеми при температурі повітря, нагрітого в калориферах до 85 – 90<sup>0</sup>С, температура повітря за димосмоком (у місці виміру температури відхідних газів) становить 55 – 50<sup>0</sup>С. Тоді як по тракту котла (по вставках) температура металу нижньої радіаційної частини (НРЧ) і ширмового пароперегрівника (ШПП) не перевищує 25 – 30<sup>0</sup>С. Залежності температури металу НРЧ від температури повітря за калориферами наведені в таблиці.

#### **Залежність температури металу НРЧ від температури повітря за калориферами**

Найменування величини	Значення величини					
Температура повітря за калориферами, <sup>0</sup> С	94	98	92	70	68	65
Температура металу труб НРЧ, <sup>0</sup> С	54	49	48	30	28	29

Відключення (зупинка роторів) РПП і підведення у робочий стан радіальних плит дає змогу збільшити кількість нагрітого повітря по всьому газовому тракту котла (паливня – димосмок), що забезпечує нагрів та підвищення температури металу НРЧ від 25 до 55 <sup>0</sup>С (по вставках), ШПП – від 30 до 40 <sup>0</sup>С. Температура повітря за димосмоками при цьому знизилась на 20 – 25 <sup>0</sup>С (від 50 – 55 <sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С), що свідчить про ефективніше використання тепла повітря, нагрітого у калориферах, для підвищення температури поверхонь нагріву котла. Враховуючи незначну різницю температур нагрітого повітря, а також температур металу елементів теплообмінних поверхонь на зупинених РПП з повітряної і газової сторін, яка під час простоювання устаткування у резерві значно менша, ніж при роботі котла під навантаженням, небезпеки щодо температурних перекосів самих апаратів РПП не існує.

На котлі ТГМП-314 блока 300 МВт проведено три досліди з відкритими напрямними апаратами ДС і ДВ на 50 % і такими положеннями плит радіальних ущільнень:

- з відведеними плитами радіальних ущільнень і включених на обертання ротора РПП;
- з підведеними в робочий стан чотирьох з восьми плит радіальних ущільнень на зупинених роторах РПП.

Згідно з експериментальними даними можна побудувати залежності витрати тепла на підігрів повітря залежно від положення напрямних апаратів ДРГ (рис. 3 і 4).

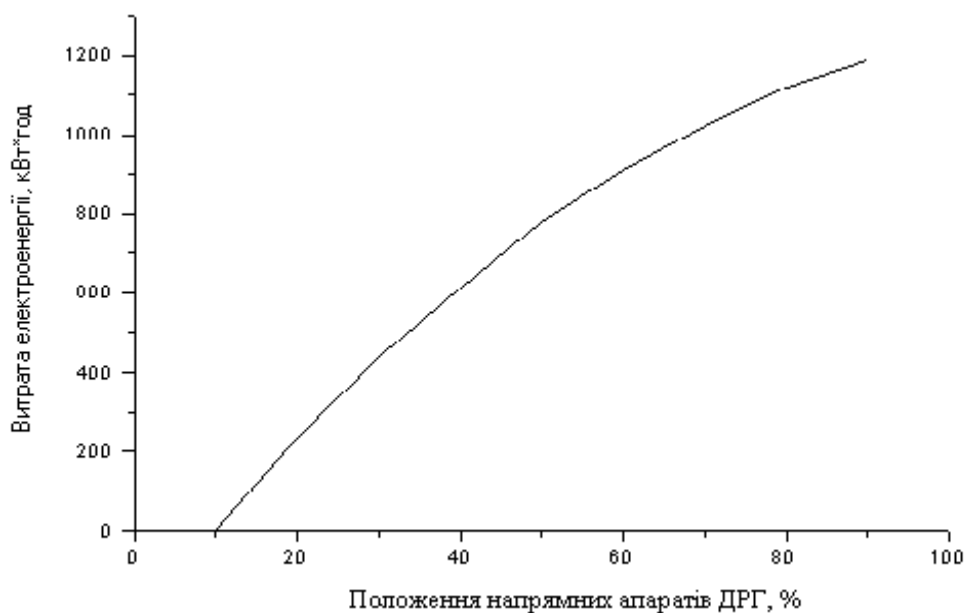


Рис. 3. Витрата електроенергії на привід ДРГ залежно від положення напрямних апаратів

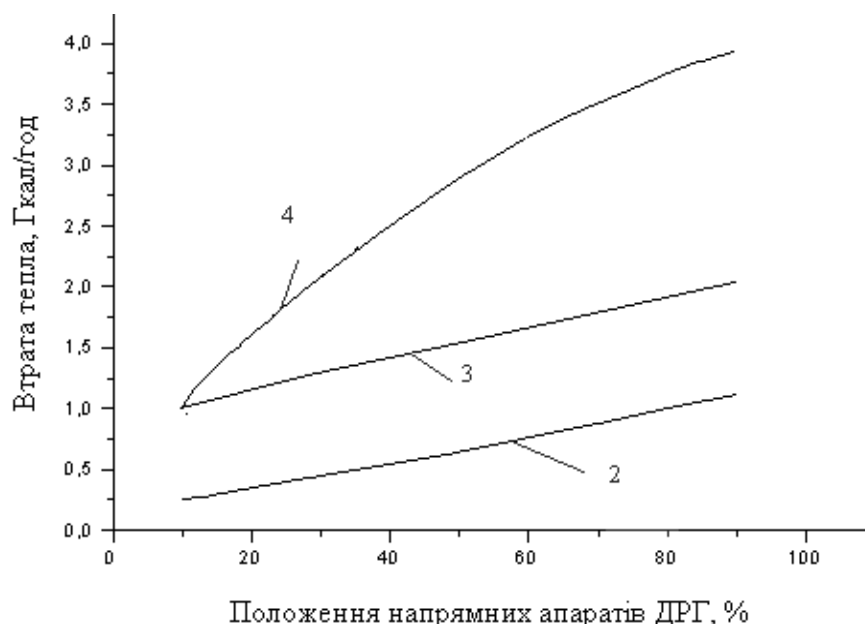
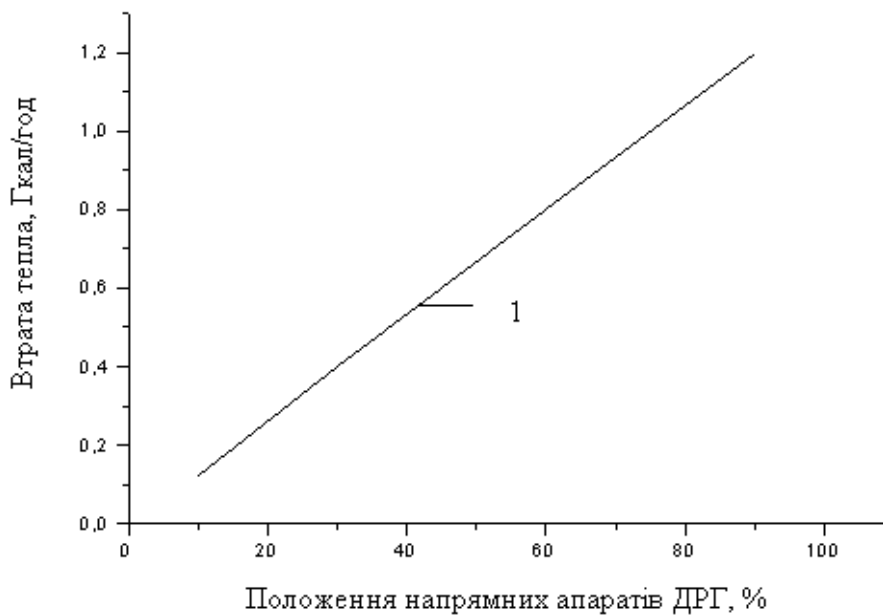


Рис. 4. Залежність втрати тепла на сушіння поверхонь нагріву котла і опалення приміщення зони непрацюючих котлів від положення напрямних апаратів ДРГ:

- 1 – витрата тепла з повітрям, яке скидається в приміщення котельного цеху;
- 2 – витрата електроенергії в тепловому еквіваленті;
- 3 – витрата тепла з повітрям, винесеним з котла; 4 – загальна витрата тепла.



*Залежність втрати тепла на сушіння поверхонь нагріву котла і опалення приміщення зони непрацюючих котлів від положення напрямних апаратів ДРГ:*

- 1 – витрата тепла з повітрям, яке скидається в приміщення котельного цеху;  
2 – витрата електроенергії в тепловому еквіваленті; 3 – витрата тепла з повітрям, винесеним з котла; 4 – загальна витрата тепла (продовження рис. 4).*

У разі використання схеми (рис. 2, варіант а, б) тепло яке витрачається на захищеня поверхонь нагріву від корозії, використовується ефективніше за рахунок того, що повітря циркулює в замкнутому контурі, що істотно знижує витрати тепла з повітрям, яке виноситься в довкілля. В цьому випадку істотно зменшується витрата тепла, пов'язана з підігрівом поверхонь нагріву, але виникає додаткова витрата електроенергії на ДРГ, яка перекривається економією тепла .

Ця схема також може використовуватись для забезпечення робочої температури повітря в межах непрацюючих котлів, в умовах коли температура довкілля нижча за 15 – 20°C.

Температура повітря, яке омиває ці поверхні, за умов запобігання конденсації на них вологи повинна бути вищою від температури точки роси. Ця температура повинна вибиратись з відповідним запасом з урахуванням впливу на корозію відносної вологості повітря, атмосферного тиску та властивостей відкладень на поверхнях нагріву, які характеризують їх кислотність, зокрема показник рН.

Остаточне значення температури підігріву повітря в калориферах і температури металу поверхонь нагріву, з погляду забезпечення мінімальної інтенсивності корозії з урахуванням відносної вологості повітря, може бути визначене експериментально спеціальними дослідженнями.

З досвіду експлуатації та спеціальних досліджень відомо, що під час спалювання мазуту найбільше сірки накопичується у відкладеннях набивки РПП, що зумовлює продовження процесу корозії під час простоювання блока у резерві. Тому перед виведенням блока у резерв необхідно практикувати переведення котла, який постійно чи періодично працює на мазуті, на спалювання природного газу протягом 2 – 3 діб з метою зменшення кислотності відкладень. Перед зупинкою котла проводити ретельні відмивки набивки РПП і її висушування.

Однак, коли перед виведенням блока у резерв у котлі спалювався мазут, доцільно певний час залишати РПП у робочому стані з метою ефективнішого усунення сполук сірки із відкладень на теплообмінній поверхні регенеративних повітропідігрівників.

## Висновки

Отже, вибір оптимальної схеми транспортування нагрітого повітря істотно впливає на втрати тепла.

В схемі транспортування підігрітого повітря по газовому тракту забезпечення оптимальної температури металу поверхонь нагріву здійснюється за рахунок підігріву повітря до певної температури в калориферах з відповідним відкриттям напрямних апаратів. Циркуляція повітря забезпечується за допомогою самотяги, створеної між котлом та димовою трубою. В такій схемі є витрати теплової енергії тільки на нагрів повітря у калориферах.

В схемі з ДРГ напрямні апарати мають знаходитись в закритому положенні для забезпечення циркуляції підігрітого повітря по замкнутому контуру газоповітряного тракту котла, а у разі необхідності – відведення частини повітря в зону непрацюючих котлів. Схема з використанням ДРГ потребує додаткових витрат електроенергії на привід димосмоків рециркуляції газів.

1. Правила збереження устаткування енергоблоків 150, 250, 300 і 800 Мвт у стані довготривалого резерву НД, ГКД 34.25.502-95. – К., 1997. 2. Глазирин А.И., Коспрыкина Е.Ю. Консервация энергетического оборудования. – М., 1987. 3. Янко П.І. Консервация зовнішніх поверхонь котельного обладнання / Энергетика и электрификация. – 1996. – №6. – С. 6 – 7 4. Мисак Й.С., Крук М.Т., Гут П.О., Довготелес Г.А., Сіденко О.П. Втрати тепла, пов'язані з простоюванням газомазутних блоків Трипільської ТЕС у резерві, та заходи щодо їх оптимізації / Энергетика и электрификация, Трипольской ТЕС –30лет, 1999. – №3. – С. 15 – 17. 5. Гут П.О., Крук М.Т., Мисак Й.С. Захист від корозії зовнішніх поверхонь нагріву під час простоювання котлів у резерві / Вісн. НУ “Львівська політехніка”, “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація.” – 1999. – №2. – С. 47 – 49. 6. Якимів Є.М. Визначення оптимальної температури підігріву повітря для захисту котлів від корозії під час знаходження їх в резерві / Вісн. НУ “Львівська політехніка”, Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – 2002. – № 460. – С 128 – 131. 7. Пат. 52703 України, F23L15/00 .Спосіб захисту поверхонь нагріву котельної устави від корозії під час простоювання / Й.С. Мисак, М.Т. Крук, П.О. Гут, Є.М. Якимів (Україна). – №99052723; Заявл.18.05.1999; Опубл.15.01.2003. Бюл. №1.

УДК 536.24

В. Грицай, Я. Юсик

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

## МІНІМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАТРАТ В КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛОБМІННИКАХ З РІДИННИМИ ТЕПЛОНОСІЯМИ

© Грицай В., Юсик Я., 2003

**Questions minimization of power expenses in house-t heat exchanger with liquid heat-carriers is considered.**

Передача теплової енергії є невід'ємною частиною більшості хіміко-технологічних процесів. В процесах нагрівання або охолодження теплоносіїв в сучасних виробництвах широко застосовуються кожухотрубні теплообмінники (КТ-ТО). Як теплоносії в КТ-ТО використовуються рідини (Р), гази (Г) або пара (П). Залежно від комбінації теплоносіїв