

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВАННЯ КОТЛІВ ВІД КОРОЗІЇ ПІД ЧАС ЇХНЬОГО ПРОСТОЮВАННЯ

© Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Якимів Є.М., Коваленко Т.П., Лашковська Н.М., 2014

Розглянуто процес корозії зовнішніх поверхонь нагрівання водогрійних котлів ПТВМ-180 і КВГМ-180, а також котлів ТЕС під час простоювання їх у резерві та розроблено методи боротьби з нею, враховуючи конструктивні особливості устаткування. Запропоновано заходи та схему для забезпечення оптимальних умов перебування котлів у резерві.

Ключові слова: водогрійний котел, поверхня нагрівання, корозія, втрати тепла, простоювання у резерві.

The problem of maintaining thermal power equipment in reserve is important and by solving this problem a significant contribution to reducing the use of electricity and thermal energy for its own needs at HPSs and increasing the lifetime of equipment will be provided.

Therefore, in this article, attention is devoted to the process of corrosion of external surfaces of heating boilers PTVM-180 and KVGM-180 during their downtime in reserve. Methods to remove the corrosion considering the design features of the equipment are developed.

On the basis of experimental studies it was found that heat losses during idle boilers in reserve depends on the design of boilers and their technical condition, temperature of network water and environment.

The measures are proposed to protect the surfaces of the heating boilers from corrosion when they are idle in reserve.

Thus, by increasing the reliability in operation of boilers, which is an important and complicated task, and by solving this problem a significant contribution to the optimization of one of the main sources of heat will be made.

Key words: hot water boiler, heating surface, corrosion, heat loss, downtime in reserve.

Постановка проблеми

Розвиток централізованого теплопостачання пов'язаний з будівництвом теплоелектростанцій та із створенням потужних районних опалювальних котелень, на яких встановлюють водогрійні котли великої теплової продуктивності.

Сьогоднішній день в системі Мінпаливенерго України, а також в інших країнах колишнього Радянського Союзу, в експлуатації знаходиться близько 1000 водогрійних котлів великої продуктивності (більше 100 Гкал/год). Крім того, є велика кількість котлів типу ПТВМ і КВГМ продуктивністю 30–50 Гкал/год. Через специфіку використання вони знаходяться в роботі не більше 3–5 тис. год в рік [1]. Протягом року, особливо у літній період, частина цих котлів перебуває у резерві, а інші працюють у піковому режимі з періодичним простоюванням. У зв'язку з цим виникає проблема ефективності зберігання водогрійних котлів у резерві, що пов'язано із захистом від корозії зовнішніх і внутрішніх поверхонь нагрівання і з відповідними втратами тепла. Вирішення цієї проблеми вимагає урахування конструктивних особливостей і режимів експлуатації водогрійних котлів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналізуючи літературні джерела [1–3], відзначено, що питання збереження від корозії тепломеханічного устаткування ТЕС та підвищення ефективності його роботи на газі або мазуті є актуальним та важливим.

Теплову енергетику України становлять потужні енергоблоки та електростанції з поперечними зв'язками, які введені в експлуатацію у 60–80-ті роки ХХ століття і є фізично зношеними та морально застарілими. Більше 80 % від потужностей не відповідають сучасним техніко-економічним та екологічним вимогам. Інтенсивному зношенню основних фондів ТЕС сприяло використання палива погіршеної якості. [2].

Опубліковано велику кількість даних про розвиток процесів корозії та забруднення поверхонь нагрівання під час спалювання палива з високим вмістом сірки у промислових і енергетичних котлах [4; 5].

Проте до останнього часу не розглядалися питання визначення і оптимізації втрат тепла під час простоювання водогрійних котлів у резерві, пов'язаних із захистом від корозії поверхонь нагрівання циркуляційного контуру з внутрішнього і зовнішнього боку.

Формулювання цілі роботи

Розглянути процес корозії зовнішніх поверхонь нагрівання водогрійних котлів ПТВМ-180 і КВГМ-180 під час простоювання їх у резерві та розробити методи боротьби з нею, враховуючи конструктивні особливості устаткування.

Виклад основного матеріалу

Досвід експлуатації і дані літературних джерел підтверджують, що зовнішня корозія перебігає по всьому тракту котла, включаючи екранну систему, пароперегрівники, водяні економайзери, короби газоходів, димосмоки. І основними чинниками, які впливають на процес стоянкової корозії, є вид і властивості використаного палива, відносна вологість і температура повітря, що омиває поверхні нагрівання, наявність на них відкладень, їхній хімічний склад та властивості, засоби очищення від відкладень.

Котли ПТВМ і КВГМ спалюють газоподібне паливо або мазут. У природному газі вміст сірки присутній у формі сірководню, кількість якого досягає в окремих випадках 0,8 % від обсягу газу, то визначальною буде сірководнева корозія. Під час спалювання мазуту з великим вмістом сірки (інколи досягає 2 %) визначальною буде низькотемпературна сірчана корозія зовнішніх поверхонь нагрівання, яка зумовлена агресивною дією на метал слабкоконцентрованої сірчаної кислоти, що утворюється від взаємодії продукту згоряння SO_3 і водяної пари та конденсується на поверхні, температура якої нижча від температури точки роси сірчаної кислоти за відповідного парціального тиску.

Процес цієї корозії металу можна поділити на два етапи. На першому етапі відбувається конденсація пари сірчаної кислоти на зовнішній поверхні відкладень і процес її перенесення до металу. Накопичення сірчаної кислоти у відкладеннях залежить від часу роботи котла на твердому паливі і вмісту в ньому сірки та вологи. Другий етап характеризується фізико-хімічними реакціями взаємодії сірчаної кислоти з металом [4].

В [1] встановлено, що протягом тривалих простоювань котлів вирішальну роль в утворенні агресивного середовища відіграє наявність сірчаної кислоти у відкладеннях, корозійна активність якої визначається її концентрацією. Усі відкладення, включаючи і сульфати заліза, є доволі гігроскопічними. Через це відбувається поступове наповнення їх вологою із навколишнього середовища і, як наслідок, розчинення наявної там кислоти та утворення додаткових за рахунок гідратації сірчаноокислих солей заліза. Отже, відкладення стають агресивнішими і викликають корозію металу поверхні. Накопичення вологи (води) у відкладеннях залежить від відносної вологості повітря та швидкості його обміну, тобто вентиляції паливні та газоходів.

Присутня у повітрі волога поглинається накопиченими відкладеннями та розчиняє сірчану кислоту і слугує носієм останньої до поверхні металу. Поглинання вологи з повітря відбувається до того часу, поки парціальний тиск вологи у відкладеннях не дорівнюватиме

парціальному тиску вологи в повітрі. За відсутності на очищених ділянках сірчаної кислоти розвивається атмосферна корозія, викликана наявністю вологи у повітрі (таблиця). Збитки від атмосферної корозії є незначними.

Залежність корозії металу від відносної вологості повітря [6]

Відносна вологість повітря, V, %	20	40	50	60	70	75
Корозія металу, M, г/м ²	0	0	0,2	0,5	5	7

Встановлено, що основною відмінністю процесів корозії під час роботи і простоювання котлів є характеристика середовища, у якому знаходяться поверхні нагрівання, тобто:

§ під час роботи котлів і спалювання мазуту чи газоподібного палива метал поверхонь нагрівання знаходиться в агресивному середовищі, де температура точки конденсації водяної пари димових газів залежно від низки режимних чинників, змінюється у широкому діапазоні температур (від 80 до понад 180 °С);

§ під час знаходження котлів у резерві чи в стані консервації метал поверхонь нагрівання знаходиться під дією навколишнього середовища, де температура конденсації водяної пари повітря залежить від відносної вологості і температури повітря, яка в реальних кліматичних і експлуатаційних умовах знаходиться на рівні 20–25 °С.

Отже, до основних чинників, які зумовлюють процеси корозії на зовнішніх поверхнях нагрівання непрацюючих котлів, можна зарахувати:

§ вид і властивості палива, яке спалювалося перед виведенням котлів у резерв;

§ хімічний склад і властивості відкладень на поверхнях нагрівання;

§ відносна вологість і температура повітря, що омиває поверхні нагрівання;

§ температурний стан металу поверхонь нагрівання;

§ заходи щодо зниження вмісту сірки у відкладеннях на поверхнях нагрівання перед виведенням котлів у резерв.

На основі експериментальних досліджень та досвіду експлуатації водогрійних котлів встановлено, що захист від корозії внутрішніх і зовнішніх поверхонь нагрівання котлів під час простоювання у резерві здійснюється одночасно за забезпечення відповідного температурного режиму металу. Температуру металу поверхонь нагрівання потрібно підтримувати за рахунок циркуляції через водяний тракт котлів мережевої води з температурою 40 – 80 °С. При цьому температура металу поверхонь нагрівання в середньому на 3 °С нижча від температури мережевої води.

Втрати тепла під час простоювання котлів у резерві є змінною величиною та залежать від таких основних чинників: температури мережевої води на вході у котел, температури навколишнього середовища, кількості і температури присмоктаного у газовий тракт котла повітря. Ці втрати тепла не регламентуються чинними нормативними документами.

Отже, втрати тепла під час простоювання водогрійних котлів у резерві пов'язані із захистом від корозії внутрішніх і зовнішніх поверхонь нагрівання. Тому доцільно під час простоювання їх у резерві забезпечувати циркуляцію мережевої води з відповідною витратою і температурою.

Під час простоювання котлів у резерві існують дві основні втрати тепла: втрати тепла з підігрітим повітрям і втрати тепла у навколишнє середовище через обмурівку котла.

Повітря присмоктується у котел через нещільності паливні, газоходів та проникає через запірні шибери, напрямні апарати дуттевих вентиляторів та димосмоків. Присмоктане повітря проходить через газоповітряний тракт і, омиваючи поверхні водяного тракту котла, через які циркулює зворотна мережева вода з температурою 40 – 75 °С, нагрівається до відповідної температури і виноситься в навколишнє середовище через димову трубу, тобто є втрати тепла з підігрітим повітрям Q'_2 [4].

Втрата тепла у навколишнє середовище через обмурівку котла Q'_5 залежить переважно від таких чинників:

- температури мережевої води, яка циркулює водяним трактом котла;
- температури повітря у котельні;
- технічного стану та якості теплової ізоляції.

На підставі аналізу наведених даних у [3] втрата Q'_5 приймається та дорівнює половині нормативної величини q_5 , тобто 0,025 %, що в перерахунку на абсолютну величину, віднесена до номінальної теплової продуктивності котла, становить $0,025 Q_{\text{ном}}$.

На рис. 1 показана залежність втрат тепла з підігрітим повітрям від кількості повітря, яке проходить через газоповітряний тракт котла ПТВМ-180 з температурою мережевої води 64 і 73 °С.

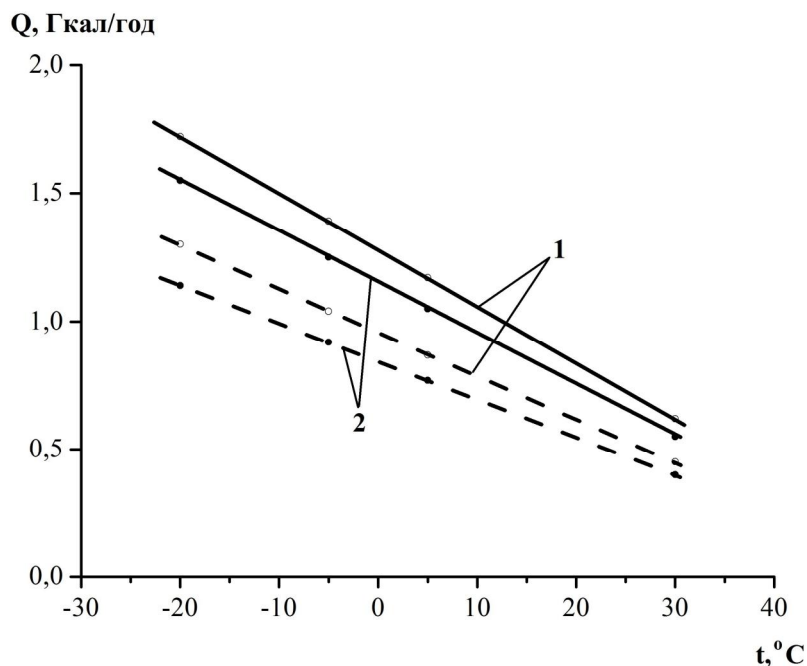


Рис. 1. Залежність втрати тепла котлом ПТВМ-180 від температури навколишнього повітря:
 1 – температура мережевої води на вході у котел 73 °С;
 2 – температура мережевої води на вході у котел 64 °С;
 ——— - шибер за котлом відкритий;
 - - - - - шибер за котлом закритий

З цього рисунка бачимо, що на втрату тепла з підігрітим повітрям істотно впливає положення засувки за котлом. Так, коли температура мережевої води, яка циркулює через водяний тракт котла, становить 73 °С, незакриття засувки призводить до збільшення кількості повітря, яке проходить через газоповітряний тракт, на $(13 - 15) \cdot 10^3$ $\text{м}^3/\text{год}$ і зміни цих втрат від 0,42 до 1,73 Гкал/год за температури навколишнього повітря відповідно від +30 до -20 °С.

На втрати тепла під час простоювання водогрійних котлів у резерві впливає не лише положення засувки (шиберів) за котлом (котли ПТВМ-180), але й положення димосмоків (котли КВГМ-180), схема циркуляції мережевої води (включення калориферів), висота димових труб і кількість працюючих котлів, підключених до цих труб, та технічний стан котлів, зокрема щільність газоповітряного тракту. Істотний вплив на втрати тепла під час простоювання котлів у резерві має висота димової труби. Чим вона вища, тим більша кількість повітря виноситься з котла у навколишнє середовище, і навпаки.

На рис. 2 показана залежність втрати тепла від кількості повітря, яке проходить через газоповітряний тракт котла КВГМ-180 з температурою мережевої води 40 °С.

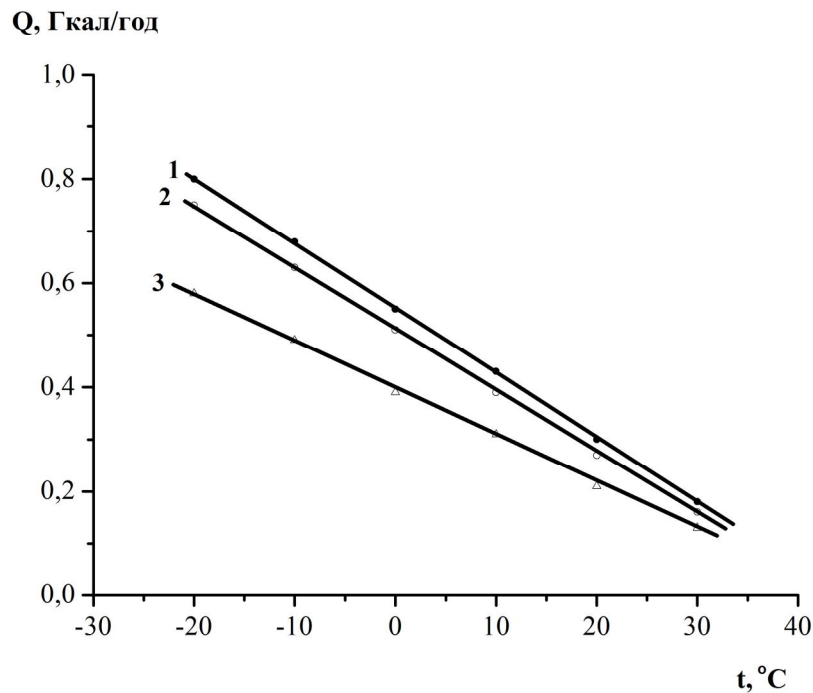


Рис. 2. Залежність втрати тепла котлом КВГМ-180 від температури навколишнього повітря:

- 1 – шибери за димосмоком відкриті, калорифери включені;
- 2 – шибери за димосмоком відкриті, калорифери відключені;
- 3 – шибери за димосмоком закриті, калорифери відключені

Закриття шиберів призводить до зменшення кількості повітря, яке проходить через газоповітряний тракт, на $(13 - 15) \cdot 10^3$ $\text{м}^3/\text{год}$. При цьому у діапазоні температур навколишнього повітря від +20 до -20 °C втрати тепла змінюються від 0,017 до 0,23 Гкал/год відповідно.

З результатів досліджень і узагальнень досвіду експлуатації випливає, що для забезпечення оптимальних умов перебування котлів у резерві з погляду корозії потрібно дотримуватись таких заходів:

- § максимально можливе видалення із відкладень сірчаної кислоти;
- § забезпечити випаровування сірчаної кислоти у залишених відкладеннях;
- § знизити відносну вологість повітря у межах поверхонь нагрівання до 60 %;

§ закупорення газоповітряного тракту після спалювання природного газу перед виведенням котлів у резерв;

§ забезпечення відповідного температурного стану металу поверхонь нагрівання, тобто температури, вищої від температури конденсації водяної пари на 5–10 °C.

Захист теплоенергетичного устаткування від корозії вимагає використання відповідних заходів з припинення та усунення корозійних процесів на поверхні металу.

На практиці для очищення зовнішніх поверхонь котла від відкладень застосовується водяне омивання. Але слід пам'ятати, що такий спосіб очищення руйнує захисну плівку металу і тому потребує оптимізації, що залежить від таких чинників, як температура води, наявність в ній луку та тривалість очищення.

На ТЕС України застосовують переважно такі основні методи захисту теплоенергетичного устаткування від корозії:

- вакуумне висушування тракту вторинного пароперегрівника (ВПП), яке застосовується фактично під час усіх зупинок блоків;
- суху консервацію первинного тракту і усього устаткування блока з дозуванням у ВПП розчину аміаку або гідразину;
- прогрівання поверхонь нагрівання котлів нагрітим у калориферах до температури 40–70 °C повітрям;

– обігрівання устаткування головного корпусу ТЕС за мінусових температур повітря у головному корпусі за допомогою спеціально встановлених муфелів і мангалів тощо.

Застосування цих методів захисту устаткування зумовлює значні втрати тепла, електроенергії, які чинними нормами не регламентуються.

В основу схем захисту зовнішніх поверхонь нагрівання котла закладено використання стороннього джерела тепла для зміни температурного режиму поверхонь та газоходів котла. Підігрівання повітряного потоку стороннім джерелом енергії відбувається у теплообмінному апараті, а циркуляція повітряного потоку здійснюється за рахунок самотяги між котлом та димовою трубою (так званий термічний метод). Загальною ознакою схем захисту, що використовуються для захисту устаткування, є використання як теплоагента зовнішнього повітря.

Використання термічних методів захисту поверхонь нагрівання та газоходів котлів призводить до витрат теплової та електричної енергії, величина яких залежить від схеми транспортування повітря. Автори запропонували принципову схему захисту поверхонь нагрівання котельної установки від корозії під час простоювання у резерві, яку показано на рис. 3. На схемі зображено повітропровід 1, який об'єднує короби забору повітря 2, та приєднаний до послідовно розташованих дуттєвого вентилятора 3 та калорифера 4 вихід з повітряного боку регенеративного повітропідігрівника 5, що з'єднаний коробом з паливною 6, яку приєднано до газоходу котла та яка містить радіаційні і конвективні теплообмінні поверхні.

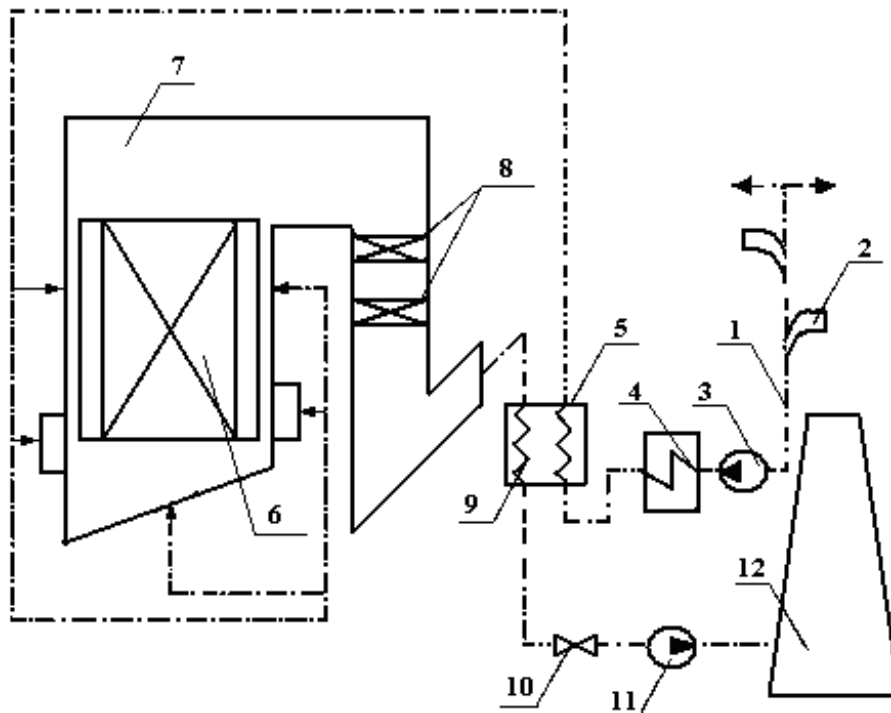


Рис. 3. Принципова схема захисту поверхонь нагрівання котельної установки від корозії під час простоювання у резерві: 1 – повітропровід; 2 – короб забору повітря; 3 – дуттєвий вентилятор; 4 – паровий калорифер; 5 – повітропідігрівник (бік холодного повітря); 6 – паливня котла; 7 – горизонтальний газохід; 8 – водяний економайзер; 9 – повітропідігрівник (бік димових газів); 10 – шибер; 11 – димосмок; 12 – димова труба

Схема працює у такий спосіб: повітряний потік по забірному коробу 2 через дуттєвий вентилятор 3 поступає у калорифер 4, де підігрівається до потрібної температури і через повітряний бік повітропідігрівника поступає у паливню котла 6. Рухаючись вздовж газового тракту котла повітря омиває радіаційні поверхні 7 та конвективні поверхні нагрівання (водяний економайзер) 8 і за допомогою коробка відхідних димових газів проходить через газовий бік повітропідігрівника 9 і надходить у димову трубу 12. Під час руху підігрітого повітря за рахунок контакту з поверхнями

нагрівання досягається необхідна температура металу (температура вища від температури точки роси). Рух повітря відбувається за рахунок самотяги, яка створюється між котлом та димовою трубою через нещільності шиберів 10. За допомогою шиберів 10 можна регулювати самотягу у паливній та конвективній шахті котла.

Повітря на калорифери відбирається із приміщення котлотурбінного цеху, коли є плюсовою температура зовнішнього повітря, і ззовні – у разі мінусових температур.

Вид схеми захисту теплоенергетичного устаткування залежить насамперед від технологічної схеми енергоблока ТЕС. Залежно від типу енергоблока – газомазутовий чи пиловугільний, використовується відповідна схема захисту котельної установки. Для пиловугільних котлів у схему захисту включають, крім котлів, ще й системи пилоприготування.

Висновки

На основі експериментальних досліджень встановлено, що втрати тепла під час простоювання котлів у резерві залежать від конструкції котлів, їхнього технічного стану, температури мережевої води і навколишнього середовища.

Виявлено основні чинники, що зумовлюють процеси корозії на зовнішніх поверхнях нагрівання непрацюючих котлів.

Запропоновано заходи та схему захисту поверхонь нагрівання котельної установки від корозії під час їхнього простоювання у резерві.

1. Захист від корозії низькотемпературних поверхонь зупинених котлів / П.І. Янко, П.О. Гут, Й.С. Мисак та ін. // Енергетика и електрифікація. – 1999. – Спецвипуск. – С. 23–26. 2. Корозія поверхонь нагрівання котлів під час їхнього простоювання / Й.С. Мисак, Є.М. Якимів, Р.В. Брикайло та ін. // Теплоенергетика: зб. наук. ст. до 110-ї річниці кафедри ТіТЕС. – Львів. – 2008. – С. 57–61. 3. Патент України №81489 UA МПК (2006) F22B 33/00 F23J 15/00. Котельна установка / Р.В. Брикайло, Г.П. Куновський, Й.С. Мисак // Промислова власність. – №1; заявл. 05.12.2005; опубл. 10.01.2008. – Бюл. №1. 4. Отс А. А. Коррозия и износ поверхностей нагрева котлов / А. А. Отс. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 272 с. 5. Мисак Й.С. Корозія поверхонь нагрівання котлів під час їхнього простоювання / Й.С. Мисак, Є.М. Якимів, Р.В. Брикайло, П.І. Янко // Теплоенергетика: зб. наук. ст. до 110-ї річниці кафедри ТіТЕС. – Львів. – 2008. – С. 57–61. 6. Гумен С.В., Господинов В.И. Консервация сухим воздухом как метод борьбы со стояночной коррозией // Енергетика и електрифікація. – 2002. – №4. – С. 37–42.