



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **106837**

(13) **C2**

(51) МПК

**G01N 27/72** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2013 08929**

(22) Дата подання заявки: **16.07.2013**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: **10.10.2014**

(41) Публікація відомостей  
про заяву: **12.05.2014, Бюл.№ 9**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.10.2014, Бюл.№ 19**

(72) Винахідник(и):

**Осташ Орест Петрович (UA),  
Чепіль Роман Володимирович (UA),  
Вольдемаров Олександр  
Володимирович (UA),  
Гладиш Павло Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.  
КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ,  
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79061 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

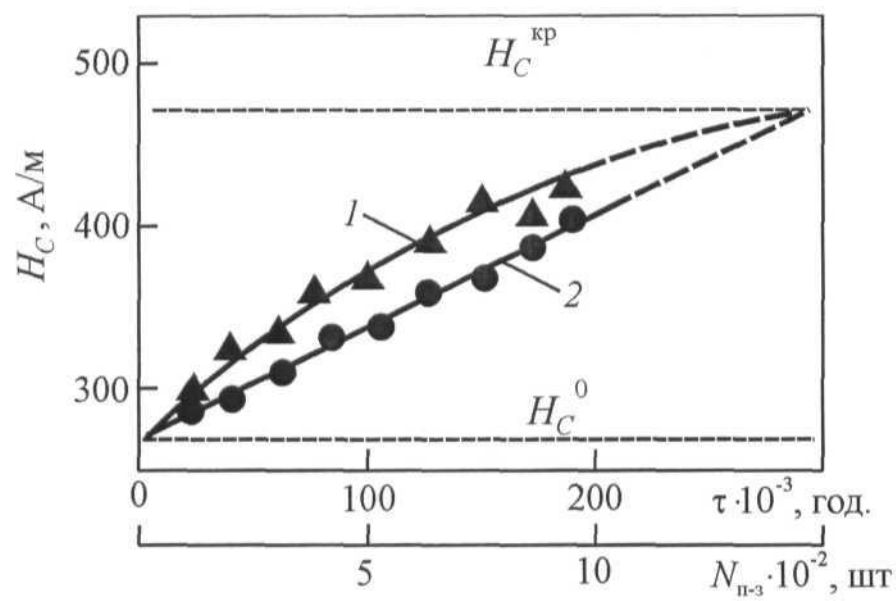
**RU 2292028 C1, 20.01.2007  
RU 2194967 C2, 20.12.2002  
RU 2366920 C1, 10.09.2009  
SU 1702230 A1, 30.12.1991  
UA 54982 U, 25.11.2010  
EP 2108112 B1, 07.12.2011**

## (54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЗГИНІВ ПАРОГОНІВ

(57) Реферат:

Винахід належить до способів оцінювання залишкового ресурсу згинів парогонів теплових електростанцій після тривалої експлуатації. У способі встановлюють залежність коерцитивної сили ( $H_C$ ) металу конкретного згину парогону від часу його експлуатації ( $\tau$ ) і кількості пусків-зупинок ( $N_{п-з}$ ), прогнозують його критичний стан за гранично допустимими фізико-механічними характеристиками металу та оцінюють залишковий ресурс парогону за часом експлуатації і кількістю пусків-зупинок. Винахід дозволяє підвищити якість і достовірність прогнозування індивідуального залишкового ресурсу парогонів.

UA 106837 C2



Винахід належить до неруйнівного контролю технічного стану елементів обладнання енергетичного устаткування, зокрема може бути використаний для оцінювання залишкового ресурсу згинів парогонів теплових електростанцій після тривалої експлуатації.

Відомий спосіб контролю працездатності згинів парогонів, який полягає у металографічному аналізі металу парогону, визначенні балу його пошкодженості [1] та оцінюванні ресурсу [2].

Недоліком відомого способу є відсутність аналітичних залежностей між балом пошкодженості і часом напрацювання парогону, що утруднює оцінку його залишкового ресурсу.

Відомий спосіб оцінювання залишкового (понадпаркового) ресурсу парогонів, який базується на використанні часової залежності характеристик міцності і повзучості [3].

Недоліком відомого способу є неврахування зміни структурно-фазового стану і механічних характеристик сталей парогонів під час тривалої експлуатації, яка є індивідуальною для кожного парогону і може бути визначена тільки руйнівними методами.

Найбільш близьким до запропонованого способу є вимірювання коерцитивної сили металу на поверхні контрольованого виробу. Коерцитивна сила  $H_C$  феромагнітного матеріалу залежить від структурно-фазового складу і напружено-деформованого стану підповерхневого шару матеріалу. Тому коерцитиметричний метод використовують для контролю якості термічної обробки тощо. Для конструкційних сталей існують відповідні кореляційні залежності між механічними характеристиками (зокрема границею міцності і пластичністю) і коерцитивною силою, які дозволяють оцінювати їх механічні властивості після термообробки неруйнівним методом [4].

Недоліком цього способу є можливість виявлення тільки термоактивованих змін в матеріалі. Спосіб не може бути використаний для визначення ступеня експлуатаційної деградації сталей парогонів, так як деградаційні зміни в цих сталях не корелюють зі встановленими для термооброблених сталей. Крім цього, він не розглядає зміни властивостей матеріалу і його мікропошкодженість в часі, що не дозволяє прогнозувати залишковий ресурс парогонів.

Задачею запропонованого способу є забезпечення можливості визначення ступеня деградації структури і механічних властивостей сталей та критичного стану парогонів залежно від часу їх експлуатації без руйнування контрольованої конструкції, використовуючи коерцитиметричний метод, що підвищує якість і достовірність прогнозування їх індивідуального залишкового ресурсу.

Суть даного способу полягає у тому, що встановлюють залежність коерцитивної сили ( $H_C$ ) металу конкретного згину парогону від часу його експлуатації ( $\tau$ ) і кількості пусків-зупинок ( $N_{п-з}$ ), прогнозують його критичний стан за гранично допустимими фізико-механічними характеристиками металу та оцінюють залишковий ресурс парогону (за часом експлуатації і кількістю пусків-зупинок).

На кресленні представлено імовірну залежність коерцитивної сили  $H_C$  металу парогону від часу  $\tau$  його експлуатації (лінія 1) і кількості пусків-зупинок  $N_{п-з}$  (лінія 2), де значення  $H_C$  змінюються від початкового рівня  $H_C^0$  металу у вихідному стані (постачання) до критичного  $H_C^{кр}$ , коли настає вичерпання ресурсу працездатності.

Розглянемо приклад реалізації запропонованого способу для згину парогону зі сталі 15X1M1Ф. Під час технічних обстежень вибраного згину парогону зону контролю очищують від фрагментів оксидних плівок. При виконанні цих робіт необхідно слідкувати за тим, щоб ця процедура не зумовила наклепу поверхні. За допомогою коерцитиметра типу КРМ-Ц на зовнішній поверхні розтягнутої зони згину парогону проводять заміри коерцитивної сили сталі, які повторюють через кожні 20-30 тис. год. експлуатації і 100-150 пусків-зупинок парогону (Фіг. 1). Після 3-5 таких замірів будують залежності, представлені на кресленні, які аналітично описують у вигляді  $H_C = F_1(\tau)$  і  $H_C = F_2(N_{п-з})$ , де функції  $F_1$  і  $F_2$  залежно від характеру масиву експериментальних даних апроксимують поліномами 1-го чи 2-го ступеня. Вигляд функцій  $F_1$  і  $F_2$  уточнюють після кожного з наступних замірів, що підвищує достовірність оцінювання залишкового ресурсу.

Із зони розтягу згину парогону зі сталі 15X1M1Ф у вихідному стані (т.зв. парогону запасу) вирізають стандартні плоскі зразки з розміром (20-30×3-5) мм поперечного перерізу робочої частини. За допомогою коерцитиметра типу КРМ-Ц визначають початкове значення  $H_C^0$  металу цих зразків, а також критичне значення  $H_C^{кр}$  сталі, представлені на кресленні штриховими лініями, як середню величину трьох вимірів:

1) після статичного розтягу зразків при  $\sigma_{nom} = \sigma_B$ , де  $\sigma_{nom}$  - номінальні напруження в зразку;  $\sigma_B$  - границя міцності сталі;

2) після 0,9-0,95  $N_f$  циклів навантаження при  $\sigma_{max} = 0,9\sigma_{0,2}$ , де  $N_f$  - кількість циклів навантаження з частотою 5-20 Гц до руйнування зразка;  $\sigma_{max}$  - максимальні напруження в циклі навантаження;  $\sigma_{0,2}$  - границя текучості матеріалу;

3) після 0,9-0,95  $N_f$  циклів навантаження при  $\sigma_{max} = 1,1\sigma_{0,2}$

За встановленими раніше аналітичними залежностями  $H_C = F_1(\tau)$  і  $H_C = F_2(N_{п-3})$  за умови  $H_C = H_C^{кр}$  визначають величини  $\tau = \tau_{кр}$  і  $N_{п-3} = N_{п-3}^{кр}$ . За цими значеннями прогнозують залишковий ресурс згину парогону:

$$\tau_{зал} = \tau_{кр} - \tau; N_{п-3}^{зал} = N_{п-3}^{кр} - N_{п-3},$$

де  $\tau$  і  $N_{п-3}$  - відповідні значення на момент прогнозування залишкового ресурсу.

В реальних умовах часто для діючих парогонів відсутні дані про значення  $H_C$  у вихідному стані і після певного початкового часу їх експлуатації, тобто відсутні залежності  $H_C = F_1(\tau)$  і  $H_C = F_2(N_{п-3})$ . У цьому випадку для прогнозування залишкового ресурсу можна застосувати аналітичну залежність типу рівняння Грінвуда [5]

$$\tau_{кр} = \tau \left( \omega_{т1} / \omega_{т2} \right)^{3/5},$$

де за параметри вихідної  $\omega_{т1}$  і критичної  $\omega_{т2}$  пошкодженості приймаємо значення  $H_C$  і  $H_C^{кр}$ , відповідно, тобто

$$\tau_{кр} = \tau \left( H_C^{кр} / H_C \right)^n; N_{п-3}^{кр} = N_{п-3} \left( H_C^{кр} / H_C \right)^m,$$

де  $\tau$ ,  $N_{п-3}$  і  $H_C$  - значення параметрів на момент прогнозування залишкового ресурсу. Показники  $n$  і  $m$  уточнюють експериментально, а у першому наближенні  $n=m=0,6$ .

Запропонований спосіб має принципове значення для визначення залишкового ресурсу згинів парогонів неруйнівним методом. Він дозволяє прогнозувати залишковий ресурс, враховуючи не тільки тривалість експлуатації, а й кількість пусків-зупинок, яка суттєво впливають на працездатність парогонів.

Джерела інформації:

1. СОУ-Н ЕЕ 20.321:2009. Нормативний документ. Металографічні методи дослідження елементів теплоенергетичного устаткування. Положення. - К.: ОЕП "ГРІФРЕ", 2009. - 69 с.

2. СОУ-Н МПЕ 40.1.17.401:2004. Нормативний документ. Настанова. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. Типова інструкція. - К.: ОЕП "ГРІФРЕ", 2005. - 76 с.

3. Дуравкін І.П. Прогнозування понадпаркового залишкового ресурсу головних паропроводів ТЕС: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Київ, 2009. - 20 с.

4. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. - М.: Наука, 1993. - 252 с.

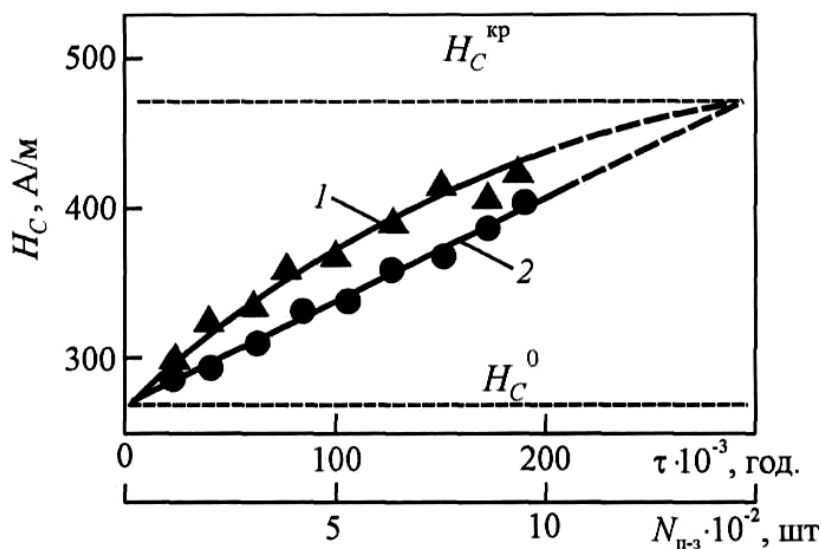
5. Оценка ресурса работоспособности паропроводов из стали 12МХ /Е.Я.Векслер, Л.А.Ковалева, В.И.Куманин, В.М.Чайковский // Теплоэнергетика. - 1981. - №11 – С. 9-12.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб прогнозування залишкового ресурсу згинів парогонів, в якому вимірюють коерцитивну силу  $H_C$  металу згину парогону, що використовують при визначенні його структурно-механічного стану, який **відрізняється** тим, що встановлюють залежність коерцитивної сили  $H_C$  металу конкретного згину парогону від часу його експлуатації  $\tau$  і кількості пусків-зупинок  $N_{п-3}$  на підставі результатів замірів на зовнішній поверхні розтягнутої зони згину парогону у вихідному стані і через кожні 20-30 тисяч годин експлуатації та 100-150 пусків-зупинок парогону, прогнозують його критичний стан за гранично допустимими фізико-механічними характеристиками металу та оцінюють залишковий ресурс парогону за часом експлуатації і кількістю пусків-зупинок.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що результати вимірів аналітично описують залежностями  $H_C = F_1(\tau)$  і  $H_C = F_2(N_{п-3})$ , де функції  $F_1$  і  $F_2$  залежно від характеру масиву експериментальних даних апроксимують поліномами 1-го або 2-го порядку, вигляд яких уточнюють після кожного із наступних замірів.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що визначають початкове  $H_C^0$  значення коерцитивної сили металу парогону у вихідному стані (парогону запасу), а також критичне  $H_C^{кр}$  значення для цього металу, яке є середнім з трьох вимірів після випробувань: за статичного розтягу зразків при  $\sigma_{ном} = \sigma_B$ , та після  $(0,9-0,95)N_f$  циклів навантаження при  $\sigma_{max} = 0,9\sigma_{0,2}$  і при  $\sigma_{max} = 1,1\sigma_{0,2}$ , де
- 5  $\sigma_{ном}$  - номінальні напруження;  $N_f$  - кількість циклів до руйнування зразка;  $\sigma_{max}$  - максимальні напруження в циклі навантаження;  $\sigma_{0,2}$  і  $\sigma_B$  - границі текучості та міцності сталі, відповідно.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що за аналітичними залежностями  $H_C = F_1(\tau)$  і  $H_C = F_2(N_{п-з})$  при  $H_C = H_C^{кр}$  визначають  $\tau = \tau_{кр}$  і  $N_{п-з} = N_{п-з}^{кр}$  та оцінюють залишковий ресурс згину парогону  $\tau_{зал} = \tau_{кр} - \tau$  і  $N_{п-з}^{зал} = N_{п-з}^{кр} - N_{п-з}$ , де  $\tau$  і  $N_{п-з}$  - відповідні значення часу експлуатації і кількості пусків-зупинок на момент прогнозування залишкового ресурсу.
- 10 5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що за відсутності даних про значення  $H_C$  у початковий період експлуатації парогону для оцінювання критичного стану парогону використовують аналітичні залежності  $\tau_{кр} = \tau \left( \frac{H_C^{кр}}{H_C} \right)^n$ ;  $N_{п-з}^{кр} = N_{п-з} \left( \frac{H_C^{кр}}{H_C} \right)^m$ , де  $\tau$ ,  $N_{п-з}$  і  $H_C$  - значення часу експлуатації, кількості пусків-зупинок і коерцитивної сили металу парогону на момент прогнозування залишкового ресурсу; показники  $n$  і  $m$  уточнюють експериментально, а у першому наближенні  $n=m=0,6$ .
- 15



Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601