



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71333** (13) **U**  
(51) МПК (2012.01)  
**G01N 3/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2011 15513**  
(22) Дата подання заявки: **28.12.2011**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.07.2012**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.07.2012, Бюл.№ 13**

(72) Винахідник(и):  
**Дзяк Георгій Вікторович (UA),**  
**Яковлєв Герман Михайлович (UA),**  
**Ардашев В'ячеслав Миколайович (UA),**  
**Носов Денис Геннадійович (UA),**  
**Рейдерман Юрій Ізраїлевич (UA),**  
**Чибісов Віктор Іванович (UA),**  
**Сухомлин Володимир Іванович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ**  
**ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,**  
вул. Дніпробудівська, 2, м.  
Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл.,  
51918 (UA)

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗОВАНОГО ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення прогнозованого залишкового ресурсу металоконструкцій включає виконання імітаційної моделі. Потім визначають ресурси металоконструкції шляхом порівняння градієнта модуля Юнга на момент складання висновку про залишок ресурсу металоконструкції з показником градієнта модуля Юнга у вихідному стані.

UA 71333 U



Корисна модель належить до області теплоенергетики і може бути використана при оцінюванні залишкового ресурсу елементів металоконструкцій з понадпарковим терміном експлуатації.

Відомо, що визначення залишкового ресурсу елементів металоконструкцій, працюючих в умовах подібних до тих, в яких працює паропровід теплоелектростанції, є важливим завданням в умовах обмеженої можливості заміни старого обладнання, коли продовження терміну служби елементів конструкції обумовлює його реконструкцію.

Відомий спосіб визначення залишкового ресурсу ["Контроль качества сварки" под редакцией Н. И. Волченко, Машиностроение, М 1978, с. 21-22] шляхом оцінки залишкових механічних ушкоджень (вм'ятин, тріщин), що виникли в результаті експлуатації, як напруженої поверхні, так і внутрішніх шарів матеріалу металоконструкцій. Оцінка виконується як візуально, так і з використанням апаратури (ультразвукової та рентгенодефектоскопії).

Недолік способу - його недостатня достовірність, у зв'язку з відсутністю оцінки змін фізико-механічних властивостей в результаті експлуатації металоконструкцій.

Відомий спосіб визначення залишкового ресурсу металу магістрального трубопроводу [РФ № 222123, G01N3/00, 2004], що включає вимірювання і аналіз міцнісних характеристик елементів конструкції паропроводу, особливо за величинами деформації повзучості металу на поверхні паропроводу, мікроструктури металу поверхні паропроводу, механічних характеристик, жароміцності зразків металу та його структури після довготривалої експлуатації в умовах високотемпературної повзучості, тобто контроль неруйнуючими методами ділянок трубопроводу, вибір металу з вихідними механічними властивостями, його штучне деформаційне старіння, яке має різний ступінь пластичної деформації, виготовлення зразків з цього металу та механічні випробування зразків, визначення шуканої величини за змінами параметрів механічних властивостей, використання нормативного значення параметрів механічних властивостей, визначення залишкового ресурсу.

Недоліком вище вказаного способу є недостатня вірогідність визначення залишкового ресурсу трубопроводу теплових мереж, що зумовлено аналізом обмеженої кількості факторів, які впливають на стан трубопроводу, особливо аналізом зміни механічних властивостей та пошкоджуваності металу в процесі експлуатації трубопроводу та тим, що не оцінюється зміна пружних якостей матеріалу конструкції.

Найбільш близьким по технічній суті (найближчим аналогом) запропонованої корисної моделі є спосіб визначення залишкового ресурсу металу магістрального трубопроводу [патент України № 54982, 2010, МПК G01 № 3/00], за яким додатково виконують імітаційну модель діючого паропроводу, по якій прогнозують залишковий ресурс елементів конструкції паропроводу з урахуванням характеристик по довготривалій міцності, пластичності та повзучості металу елементів конструкції діючого паропроводу і відповідних коефіцієнтів запасу, у випадку якщо прогнозований ресурс менше величини, що допускають, визначають індивідуальний залишковий ресурс або його відсутність для кожного елемента конструкції паропроводу шляхом визначення і аналізу швидкості зміни зернографічної деформації повзучості металу на кожному етапі термосилового навантаження паропроводу по вимірних величинах деформації повзучості на його поверхні, у випадку перевищення величини критичної зернографічної деформації повзучості металу констатують відсутність залишкового ресурсу, у випадку меншої ніж половина величини критичної зернографічної деформації встановлюють зменшений індивідуальний ресурс для даного елемента конструкції паропроводу, у інших випадках здійснюють додаткове дослідження вирізок металу, пошкоджуваність матеріалу визначають за мікроструктурою металу діючого паропроводу із застосуванням модифікованої контрастної схеми С-реплік, а величину граничних характеристик його пошкодження виконують на прикладі аналітичної моделі зародження росту пор при повзучості жароміцних сталей в заданому діапазоні високих температур і поточного часу експлуатації, при наявності багатьох пор у вигляді ланцюгів у матеріалі констатують відсутність ресурсу; при наявності поодиноких пор виконують додаткові дослідження вирізок матеріалу; при відсутності пор визначають індивідуальний ресурс елемента конструкції.

Недоліком цього способу є те, що при побудові моделі аналізується зміни які сталися з матеріалом конструкції, обумовлені зміною модуля Юнга в наслідок експлуатації. Модулі Юнга визначають як тангенси кутів, які утворюються кривими залежності напруг  $\sigma$  від деформацій  $\varepsilon$  на її початку (креслення, крива 1), а самі залежності виконані відповідно для випадків: початку експлуатації і на момент визначення залишку ресурсу (креслення, крива 2). Згідно найближчого аналогу порівнюють тангенси кутів  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  (креслення). Але не враховують те, що модуль Юнга є величиною, що змінюється в залежності від меж експлуатаційного навантаження  $\Delta\varepsilon$ .

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу визначення прогнозованого залишкового ресурсу металоконструкцій шляхом введення нового більш інформативного показника, який характеризує фізико-механічні якості матеріалу металоконструкцій, що підвищить точність висновку про допуск на продовження експлуатації металоконструкції.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення прогнозованого залишкового ресурсу металоконструкцій, за яким додатково виконують імітаційну модель по якій прогнозують залишковий ресурс елементів конструкції з урахуванням характеристик по довготривалій міцності, пластичності та повзучості металу елементів діючої конструкції і відповідних коефіцієнтів запасу, визначення ресурсу металоконструкції виконують шляхом порівняння градієнта (на одиницю навантаження) модуля Юнга на момент складання висновку про залишок ресурсу металоконструкції з показником градієнта (на одиницю навантаження) модуля Юнга у вихідному стані, у разі, коли градієнт модуля Юнга на момент складання висновку менше або дорівнює градієнту модуля Юнга у вихідному стані, роблять висновок про наявність залишкового ресурсу, у випадку, коли значення градієнта модуля Юнга на момент складання висновків перевищує градієнт модуля Юнга у вихідному стані більше коефіцієнта запасу міцності, роблять висновок про відсутність залишкового ресурсу металоконструкції.

Визначення ресурсу виконують шляхом порівняння показників градієнту  $K$  (на одиницю навантаження) модуля Юнга у вихідному стані з градієнтом (на одиницю навантаження) модуля Юнга на момент складання висновків (відповідно тангенс кутів  $\beta_1$  та  $\beta_2$ , креслення)

$$K_1 = E_1 / \Delta P; K_2 = E_2 / \Delta P$$

$$K_1 = \operatorname{tg} \beta_1 / \Delta P; K_2 = \operatorname{tg} \beta_2 / \Delta P,$$

де на кресленні крива 1 відповідає результатам іспитів матеріалу досліджуваної конструкції на момент початку її експлуатації, крива 2 відповідає результатам іспитів матеріалу на момент визначення залишку ресурсу експлуатації,

$E_1$  - модуль пружності на момент початку експлуатації;

$E_2$  - модуль пружності на момент визначення залишку ресурсу експлуатації;

$K_1$  - градієнт модуля пружності  $E_1$ ;

$K_2$  - градієнт модуля пружності  $E_2$ ;

$\Delta P$  - величина експлуатаційного навантаження.

Спосіб оцінки залишкового ресурсу металоконструкцій побудовано на застосуванні критеріального методу в програмі індивідуального експертного обслідування обладнання. Таким чином, запропоновано спосіб оцінки залишкового ресурсу за допомогою оцінки зміни градієнта модуля Юнга (модуля пружності). При дії на конструкцію різних факторів величина градієнта модуля пружності змінюється. Модуль Юнга підвищується і матеріал окрихчується. Його роботоздатність обмежується.

Спосіб здійснюється таким чином.

Величина градієнта модуля пружності працюючих конструкцій може визначатись як прямим методом аналізу зразків, які вирізаються з матеріалу металоконструкцій, так і непрямым - шляхом перерахунку величини деформацій та напружень, які змінюються. В разі одноосного напруженого стану (розтягування, стиснення) метод перерахунку не викликає ускладнень. В разі роботи просторової конструкції та трьохосного напруженого стану процес визначення градієнта модуля пружності ускладнюється. Так, конструкції корпусу реактору в вигляді циліндричної обичайки, закритої днищем у вигляді сплюснuto еліпсоїду процес визначення градієнта модуля пружності складається з наступних операцій.

1. Експериментально визначають шляхом заміру розмір еліпсоїда днища до навантаження тиском та величину півосей внутрішніх поверхонь (більшої та меншої) та товщину стінки днища.

2. Визначають ті ж розміри, але відповідні величині тиску навантаження  $P$ , (Па).

3. Визначають приріст цих параметрів.

4. Визначають приріст цих же величин розрахунковим шляхом згідно залежностей теорії пружності.

5. Прирівнюють величини, одержані при виконанні операцій 3 та 4.

6. Оскільки в одержані математичні залежності входить величина градієнта модуля пружності  $K$ , її розраховують, вирішуючи систему рівнянь одержаних при виконанні операції 5.

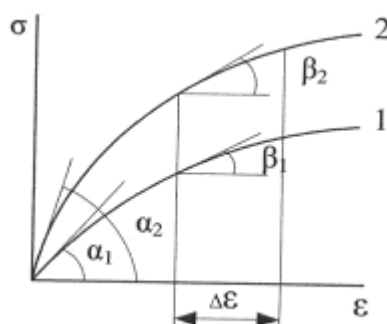
Визначення ресурсу виконують шляхом порівняння градієнта (на одиницю навантаження) модуля Юнга на момент складання висновку про залишок ресурсу металоконструкції на момент складання висновків з показником градієнта (на одиницю навантаження) модуля Юнга у вихідному стані, у разі коли градієнт на момент складання висновку менше або дорівнює

градієнту у вихідному стані робиться висновок про наявність залишкового ресурсу, у випадку коли значення градієнту на момент складання висновків перевищує градієнт у вихідному стані більш ніж у 1,5 рази, робиться висновок про відсутність залишкового ресурсу.

- Запропонована корисна модель може знайти широке застосування при визначенні залишкового ресурсу корпусів атомних реакторів, а також інших металоконструкцій, які працюють в нестандартних умовах, при яких змінюються фізико-механічні властивості матеріалів конструкцій.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб визначення прогнозованого залишкового ресурсу металоконструкцій, що включає додаткове виконання імітаційної моделі, по якій прогнозують залишковий ресурс елементів конструкції з урахуванням характеристик по довготривалій міцності, пластичності та повзучості металу елементів діючої конструкції і відповідних коефіцієнтів запасу, який **відрізняється** тим, що визначення ресурсу металоконструкції виконують шляхом порівняння градієнта (на одиницю навантаження) модуля Юнга на момент складання висновку про залишок ресурсу металоконструкції з показником градієнта (на одиницю навантаження) модуля Юнга у вихідному стані, коли градієнт модуля Юнга на момент складання висновку менше або дорівнює градієнта модуля Юнга у вихідному стані, роблять висновок про наявність залишкового ресурсу, у випадку, коли значення градієнта модуля Юнга на момент складання висновків перевищує градієнт модуля Юнга у вихідному стані більше коефіцієнта запасу міцності, роблять висновок про відсутність залишкового ресурсу металоконструкції.




---

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

---

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