УДК 539.3: 539.214: 518: 621.311

ОЦІНЮВАННЯ МІЦНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ ДЕГРАДАЦІЇ МАТЕРІАЛУ, ПОШКОДЖЕНЬ І ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ

Богдан Дробенко, Степан Будз

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м Львів

Проблема продовження терміну експлуатації елементів і вузлів енергетичного обладнання є однією з найважливіших у сучасній вітчизняній енергетиці, оскільки значна частина елементів такого обладнання вже вичерпала свій паспортний ресурс, чи наблизилась до цієї межі. У зв'язку з цим постає проблема забезпечення надійності роботи енергообладнання, що відпрацювало гарантований на момент інсталяції термін, та збільшення його експлуатаційного ресурсу, під яким розуміють напрацювання об'єкта від початку експлуатації чи його відновлення після ремонту до досягнення ним граничного стану, регламентованого нормативно-технічною документацією.

Основним чинником вичерпання ресурсу елементів та вузлів енергообладнання є накопичення пошкоджень і розвиток тріщин в зонах конструктивних концентраторів напружень внаслідок циклічних навантажень, підвищеної температури, впливу корозійно активного робочого середовища, зміни міцнісних характеристик металу в процесі тривалої експлуатації. Оцінювання ресурсу таких елементів виконують шляхом визначення їх стану за рівнем накопичення пошкоджень металу, розрахунок якого є базою для визначення залишкового експлуатаційного ресурсу енергообладнання, можливостей та умов його подальшого використання. Кількісна оцінка накопиченої пошкодженості металу безпосередньо залежить від амплітуди коливань напружень під час циклічних режимів промислової експлуатації енергообладнання. Тому важливо якнайточніше визначити напружений стан і зони виникнення максимальних напружень в елементах енергообладнання під час експлуатації.

На сьогоднішній день потужним чинником вирішення зазначених проблем є сучасні засоби математичного й комп'ютерного моделювання процесів деформування твердих деформівних тіл за дії комплексного навантаження, розроблені на основі уточнених математичних моделей і числових методів їх розв'язування. Уточнення розрахункових моделей має два аспекти – геометричний та фізичний. Геометричний аспект передбачає виконання обчислень для тіл реальної форми, фізичний – пов'язаний з використанням розширених моделей опису механічної поведінки твердих тіл, які враховують можливість нелінійного деформування. У цій роботі уточнений аналіз напружено-деформованого стану енергообладнання здійснюється на основі співвідношень тривимірної теорії неізотермічної термопружно-пластичності з використан-

ням методу скінченних елементів. Розроблене на цій основі програмне забезпечення дає змогу в стислі терміни провести весь процес оцінювання експлуатаційного ресурсу розглядуваного обладнання у віртуальному просторі і вийти на раціональні вирішення відзначених вище проблем.

Розроблену методологію дослідження напружено-деформованого стану елементів діючого енергетичного обладнання та отримання на цій основі кількісної оцінки їхнього залишкового експлуатаційного ресурсу, а також розроблення рекомендацій щодо виконання ремонтних робіт у них із метою подовження термінів їхньої експлуатації використано при перепризначенні термінів експлуатації котельних агрегатів низки діючих енергоблоків ТЕС, які вичерпали гарантований на момент інсталяції ресурс.

Основним елементом котлоагрегату енергоблоку ТЕС є барабан, експлуатаційний ресурс якого і визначає відповідний ресурс котлоагрегату. Усі інші елементи циркуляційного циклу котлоагрегату відносно легко заміняються. Тому для розглядуваних котлоагрегатів такі елементи як колектори, штуцери, екранні труби з експлуатаційними пошкодженнями розраховано на міцність і в разі, коли максимальні експлуатаційні напруження в них на постремонтній стадії не перевищують допустимих, а результати візуального контролю, стан металу, його структура, твердість та інші характеристики є задовільними, ці конструкційні елементи вважали придатними до подальшої експлуатації. Досліджено експлуатаційну надійність барабанів котлоагрегатів, визначено оптимальні параметри ремонтних робіт з метою усунення пошкоджень. Визначено експлуатаційні напруження в барабанах за різних циклічних режимів роботи котлоагрегатів з урахуванням деградації металу і ремонтних втручань. На цій основі отримано оцінки додаткового експлуатаційного ресурсу барабанів шляхом визначення їхнього стану за рівнем накопиченої пошкоджуваності металу. Як наслідок, оцінено можливість їхньої подальшої експлуатації на чітко визначені терміни.

ASSESSMENT OF STRENGTH AND OPERATING RESOURCE OF ENERGETIC EQUIPMENT ELEMENTS TAKING INTO ACCOUNT THE MATERIAL DEGRADATION, DAMAGES AND REPAIR TECHNOLOGIES

An efficient approach for mathematical simulation of deformation processes in power equipment elements under in-service conditions is developed. The software, developed on the basis of 3D non-isothermal thermo-elastic-plasticity and finite element method, enables one to analyze, for short term, the mechanical behavior of power structural elements with damages or after repairs procedure under conditions modeling the in-service ones, and to obtain an expert evaluation of its safety margin. These data are used in deciding on the possibility of temporary prolongation of the operation life of power equipments.