

О.В. ГРИГОРОВ, д-р техн. наук, проф. ;
С.О. ГУБСЬКИЙ, ст. викл., НТУ «ХПІ», м. Харків

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН МАГНІТО-КОЕРЦИТИВНИМ МЕТОДОМ

В статті запропонована методика прогнозування залишкового ресурсу металоконструкцій вантажопідійомних машин магніто-коерцитивним методом неруйнівного контролю із поєднанням останніх досліджень та методу кінцевих елементів

In article the technique of forecasting the residual life of metal magnetic lifting equipment coercive method of nondestructive testing with a combination of recent studies and finite element method

Постановка проблеми. Прогнозування залишкового ресурсу металоконструкцій (МК) вантажопідійомних машин магніто-коерцитивним методом неруйнівного контролю (НК) знаходить все більше застосування.

Разом з тим, алгоритму (методики) виконання робіт для прогнозування залишкового ресурсу МК цим методом з поєднанням останніх досліджень та методу кінцевих елементів (МКЕ) не існує.

Аналіз останніх досліджень. В Україні в 2005 році були затверджені «Методичні вказівки з проведення магнітного контролю напружено-деформованого стану металоконструкцій підійомних споруд та визначення їх залишкового ресурсу» МВ 0.00-7.01-05 [1]. Вони базуються на російській методиці «РД ИКЦ «КРАН»-007-97/02» [2].

Дослідженням магнітного контролю на основі коерцитивної сили МК вантажопідійомних споруд присвячені роботи Котельникова В. С., Попова В. А., Попова Б. Є., Ліпатова А. С., Левин Є. А. [3, 4, 5]

Проблема різних показань коерцитивної сили в залежності від товщини металу була розглянута в статті [6, 7].

Невирішені частини загальної проблеми. Запропоновані методи в [1, 2, 3, 4, 5] не дають повного алгоритму дій при прогнозуванні залишкового ресурсу МК вантажопідійомних машин. Вони не враховують недостатню роздільну здатність структуроскопів КРМ-ЦК-2М, та можливість використання магніто-коерцитивного методу НК в поєднанні з МКЕ.

Мета статті. В даній статті дана методика оцінки та прогнозування залишкового ресурсу МК мостових кранів з різними товщинами елементів за допомогою магнітно-коерцитивного методу НК та МКЕ.

Основний матеріал. Весь процес прогнозування залишкового ресурсу металоконструкцій вантажопідійомних машин магніто-коерцитивним методом можливо розділити на етапи (рис. 1).

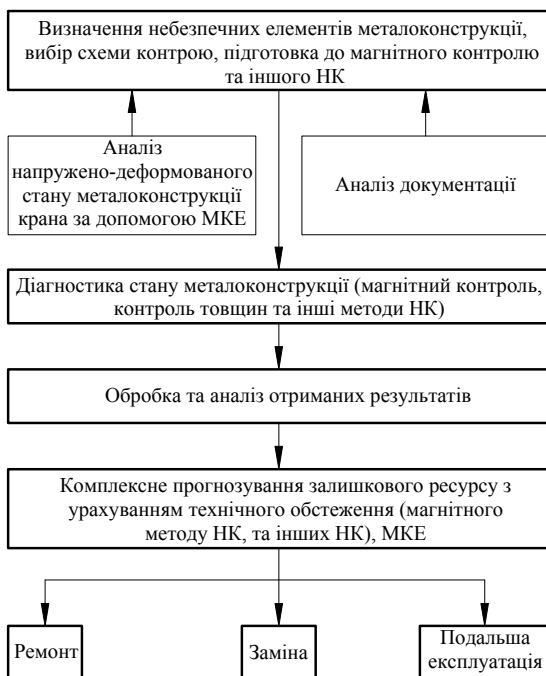


Рис. 1. Схема прогнозування залишкового ресурсу вантажопідійомних машин за допомогою магніто-коерцитивного методу НК

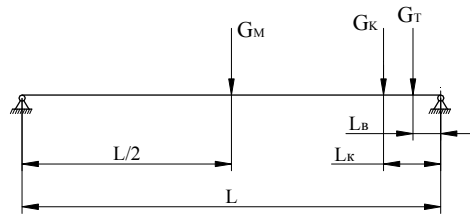
Визначення небезпечних елементів МК, вибір схеми контролю, підготовка до магніт-коерцитивного НК, та іншого НК. На цьому етапі необхідно виділити елементи в МК крана на які, в першу чергу, буде звертатися увага при подальшій діагностиці стану метала. Для цього необхідно:

- провести аналіз документації, аналіз умов в яких знаходиться кран, операції (та їх місце), що здійснює кран.

Для підготовки магніто-коерцитивного контролю необхідно вибрати декілька паспортизованих експериментальних зразків із змінним перерізом (ПЕЗ) [6, 7]. Їх вибирають по марці сталі із якої вироблено МК контрольованого крана і товщин елементів МК. Потім, за цими даними (марка сталі й товщина металу), підбираємо кілька ПЕЗ з різним балом зерна. Після цього необхідно провести настроювання структуроскопа КРМ-ЦК-2М у відповідності із МВ 0.007.01-05 [1] і зробити контрольні виміри, обраних ПЕЗ, цим приладом. Переконатися, що отримані виміри збігаються з паспортними значеннями.

Для проведення магнітно-коерцитивного контролю МК на кран беруть тільки документацію (паспорта) на обрані ПЕЗ-и та прибор з повірочними зразками.

- провести аналіз напружено-деформованого стану МК крана за допомогою МКЕ (програмні комплекси Ansys, SolidWorks, ProE). Для цього необхідно побудувати модель досліджуваної вантажопідіймної машини. Наприклад, на рис. 2 зображено сили, що діють на металоконструкцію мостового крана при статичному навантаженні. На рис. 3 – зображено результати статичного моделювання МКЕ напружено-деформованого стану МК мостового крана загального призначення в/п 16 т Харківського заводу ПТО (сталь 09Г2С). При моделюванні необхідно врахувати умови експлуатації крана, товщини елементів в МК задавати необхідно, такі які зазначені в документах на даний кран (паспорт крана, документи на реконструкцію).



G_T – вага візка з вантажем, L – проліт крана, м
 H
 G_K – вага кабіни, H L_K – відстань кабіни, м
 G_M – вага мосту, H L_B – відстань до візка, м

Рис. 2. Схема для побудови моделі МК мостового крана та сили, що статично діють на його МК для подальшого аналізу МКЕ

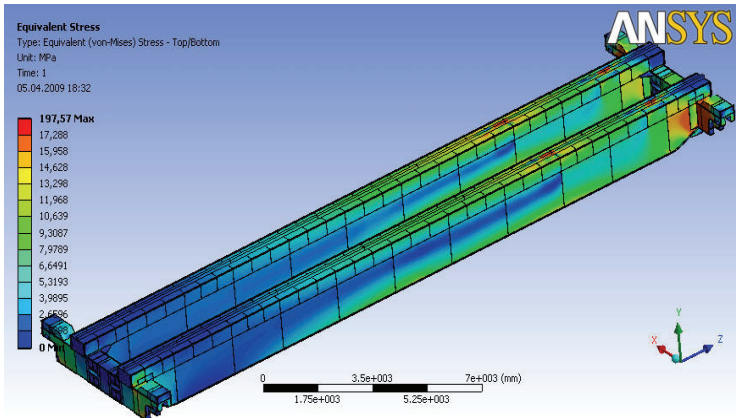


Рис. 3. Результати статичного моделювання МКЕ напружено-деформованого стану металоконструкції мостового крана загального призначення в/п 16 т Харківського заводу ПТО (сталь 09Г2С)

Якщо потрібно, необхідно підготувати інші види НК для проведення їх на самому крані.

Діагностика стану МК (магнітний контроль, контроль товщин та інші методи НК). Діагностику стану МК проводимо по НПАОП 0.00-1.01-07 [8] та іншими діючими нормативними документами, використовуючи магнітокоерцитивний НК, контроль товщин та інші методи НК.

На вантажопідйомній машині необхідно вибрати зону, в якій метал знаходиться порівняно під найменшим впливом силових навантажень у процесі експлуатації й зробити вимір коерцитивної сили H^0_c (А/см). За отриманими показниками H^0_c (А/см) вибираємо, з обраного раніше набору зразків (по паспортах на них), один ПЕЗ. Розбіжність H^0_c із показаннями коерцитивної сили на цьому ПЕЗ (на тій же товщині) – не повинна перевищувати 10 %. Якщо ця умова не виконується - потрібно вибрати іншу мало навантажену зону й зробити виміри коерцитивної сили. Якщо таку зону знайти не вдалося - значить ПЕЗ-и були обрані не вірно.

Потім, відповідно до обраної схеми контролю, необхідно зробити виміри коерцитивної сили в інших зонах, у яких потрібен контроль напружено-деформованого стану металу. Необхідно приділити особливу увагу тим елементам МК крана, які виявилися найбільш небезпечні після проведення МКЕ.

Всі результати діагностування стану МК записуються для їх подальшого оформлення та аналізу. Якщо були знайдені відхилення по яким не дозволяється експлуатація крана відповідно до діючих нормативних документів; якщо, при магнітному контролі, були виявленні зони різкого падіння коерцитивної сили (падіння менше 1,0 А/см) [5] – то в цих випадках робота крана зупиняється і не відновлюється поки ці відхилення будуть виправлені. Якщо спостерігається локальне збільшення показань коерцитивної сили - необхідно збільшити кількість точок контролю в цьому місці.

При знаходженні розбіжностей із паспортом на кран і контролем товщин елементів МК – потрібно діяти відповідно до нормативних документів, але для подальшого аналізу – приймаємо товщини ті які були отриманні під час вимірів.

Обробка та аналіз отриманих результатів. За результатами товщинометрії та документації на кран (паспорт) необхідно зробити протокол вимірів товщини елементів МК вантажопідйомної машини.

За результатами магніто-коерцитивного контролю стану МК вантажопідйомної машини складається протокол вимірів (відповідно до МВ 0.007.01-05), тобто всі дані зводяться в окрему таблицю по кожному вузлу (елементу) відповідно до схеми контролю. При необхідності - робляться додаткові виміри.

Базуючись на протоколах вимірів товщини елементів МК крана і магнітного контролю стану МК - перераховуємо результати магнітного контролю на різних товщинах до однієї за методикою [6, 7].

Потім будуємо графічні залежності розподілення коерцитивної сили (H_c , А/см) по довжині елементів металоконструкції крана – до перерахунку і

після перерахунку. Наприклад, результати магнітного контролю головної балки А (зовнішня бокова стінка) мостового крана рейферного в/п 16 т Харківського заводу ПТО 1981 р. виготовлення (сталь ВСтЗсп5) (рис. 4). Будуємо графічні залежності (пластичні шарніри [1, 2]), цього крана, розподілення коерцитивної сили (H_c , А/см) по висоті елементів МК крана (після перерахунку) (наприклад, рис. 5). Всі отриманні значення коерцитивної (під час замірів на МК крана, під час перерахунку), та всі отриманні графічні залежності заносимо в паспорт магнітного контролю крана (це допомагає оцінити розподілення напружень по МК).

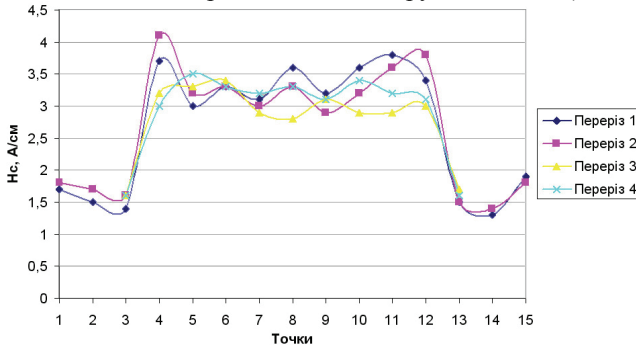


Рис. 4. Результати магніто-коерцитивного НК головної балки А (зовнішня бокова стінка) мостового крана рейферного в/п 16 т Харківського заводу ПТО 1981 р. виготовлення (сталь ВСтЗсп5)

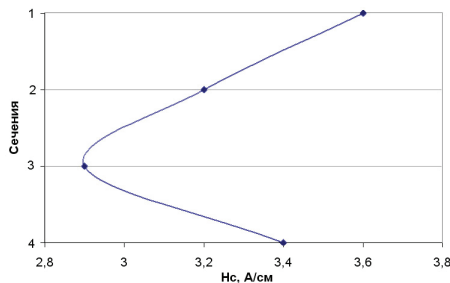


Рис. 5. Розподілення коерцитивної сили по висоті головної балки А, зовнішня бокова стінка, в т.10

Комплексне прогнозування залишкового ресурсу з урахуванням технічного обстеження (магніто-коерцитивного методу НК, та інших НК). Сюди входить:

- оцінка напружено-деформованого стану та прогнозування залишкового ресурсу МК крана за результатами магнітно-коерцитивного НК – методика МВ 0.007.01-05, паспорт магнітного контролю [6];
- прогнозування залишкового ресурсу за швидкістю наростання коерцитивної сили [6]. Наприклад, ;

- висновки по результатам інших проведених НК;
- комплексний висновок (прогнозування залишкового ресурсу) по всіх результатах.

Базуючись на отриманому результаті оцінки напружено-деформованого стану та прогнозування залишкового ресурсу МК крана робиться висновок (експертний висновок): *ремонт, заміна чи подальша експлуатація.*

Висновки. Методика прогнозування залишкового ресурсу МК вантажопідйомних машин магніто-коерцитивним методом НК дозволяє:

- вирішувати проблему моніторингу МК з різними товщинами елементів із застосуванням структуроскопа КРМ-ЦК-2М;
- використовувати магніто-коерцитивний метод НК в поєднанні з іншими методами НК та МКЕ;
- об'єктивно оцінювати напружений стан МК вантажопідйомних машин і прогнозувати їх залишковий ресурс.

Як показує практика запропонована методика оцінки та прогнозування залишкового ресурсу МК мостових кранів з різними товщинами елементів за допомогою магніто-коерцитивного методу НК та МКЕ - прогнозування залишкового ресурсу МК крана досягає ймовірності 0,9 (зібрана та оброблена база на 92 крани мостового типу).

Разом з тим, існує проблема неоднакової роздільної здатності приборів КРМ-ЦК-2М і як наслідок різні показання коерцитивної сили при магніто-коерцитивному контролі однієї МК різними структуроскопами.

Список літератури: 1. Методичні вказівки з проведення магнітного контролю напружено-деформованого стану металоконструкцій підйомних споруд та визначення їх залишкового ресурсу. МВ 0.00-7.01-05 – К. : 2005. - 77 с. 2. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении обследования и техническом диагностировании (экспертизе промышленной безопасности). РД ИКЦ «КРАН»-007-97/02 – М., 2002. – 75 с. 3. *Попов Б. Е.* Магнитная диагностика и остаточный ресурс подъемных сооружений / *Б. Е. Попов, В. С. Котельников, А. В. Зарудный* // Безопасность труда в промышленности. – 2001. - №2. – С. 44-49. 4. *Попов Б. Е.* Диагностика мостовых кранов в литейных цехах / *Б. Е. Попов, А. Е. Левин, В. С. Котельников, А. С. Липато* // Безопасность труда в промышленности. - 2004. - №4. – С. 33-38. 5. *Попов В. А.* Оценка напряженно-деформированного состояния металлоконструкций грузоподъемных кранов по изменениям коэрцитивной силы металла / *Попов В. А., В. А. Пичкин, А. И. Преловский, С. А. Губский* // Подъемные сооружения. Специальная техника. - 2005. - №5. – С. 24-29. 6. *Попов В. А.* Практика применения экспериментальных образцов с переменным сечением при оценке значений коэрцитивной силы по результатам магнитного контроля металлоконструкций мостовых кранов, отработавших нормативный срок / *В. А. Попов, С. А. Губский* // Збірник статей 6-го міжнародного науково-практичного семінару «Технічне переозброєння та безпека в промисловій енергетиці. – Х. : 2006. - С. 58-64. 7. *Григоров О. В. Попов* Метод анализа замеров коэрцитивной силы при технической диагностике металлоконструкций кранов с разными толщинами элементов / *О. В. Григоров, В. А. Попов, С. А. Губский, Н. Ф. Хорло* // 2009 р. Метрология. - 2009. - №3. – С. 34-39. 8. Правила будови та безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів. НПАОП 0.00-1.01-07 – К. : 2007. – 345 с.

Поступила в редакцію 28.09.10 р.