

УДК 621.873

Григоров О.В., д.т.н.; Петренко Н.О., к.т.н.;

Губський С.О., к.т.н.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МАГНІТНО-КОЕРЦИТИВНИЙ КОНТРОЛЬ КРАНІВ З ТОВЩИНАМИ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПОНАД 40 ММ

Постановка проблеми. За даними 2011 року [1], 84 % вантажопідійомних кранів відпрацювали свій нормативний строк. Пройшло вже майже 5 років, а ситуація не стала кращою. Проблема обґрунтованого продовження строку експлуатації кранів, що відпрацювали свій нормативний строк є актуальною. Інструментом для визначення напружено-деформованого стану металоконструкцій вантажопідійомних машин, що відпрацював свій нормативний строк, є неруйнівний метод контролю на основі коерцитивної сили.

Аналіз останніх досліджень. Діюча в Україні нормативна база, що регламентує використання магнітно-коерцитивного методу неруйнівного контролю (далі НК) досить обмежена та недосконала. У 2005 році були затверджені МВ 0.00-7.01-05 [2]. Вони базуються на російській методиці «РД ИКЦ «КРАН»-007-97/02». Про дозвіл використання Методичних вказівок при експертному обстеженні мостових кранів указано в ОМД 00120253.001-2005.

Дослідженням магнітного контролю на основі коерцитивної сили металоконструкцій вантажопідійомних споруд присвячені роботи Котельникова В. С., Ліпатова А. С., Григорова О. В., Попова В. А., Старікова М. А. [3, 4, 5].

Невирішені частини загальної проблеми. При контролі елементів металоконструкції кранів з одного металу, але з різними товщинами будемо отримувати поступове зниження показників коерцитивної сили зі збільшенням товщини металу [6, 7] до певної величини. Що, в свою чергу, призведе до значної похибки при аналізі результатів магнітно-коерцитивного методу НК металоконструкцій кранів з різними товщинами елементів.

Діючі методики проведення магнітно-коерцитивного контролю кранових металоконструкцій [2] наведену вище проблему не вирішують зовсім.

Запропонована методика використання паспортизованих зразків зі змінними перерізами [6, 7, 8], дозволяє вирішити проблему недостатнього роздільної здатності структуроскопів КРМ-ЦК-2М.

Мета статті. Показати практичне використання метода паспортизованих зразків зі змінними перерізами на крані.

Основний матеріал. Ливарному крану (важкий режим роботи) вантажопідйомністю 180/50 т прогоном 34 м виробництва 1976 р. «Сибтяжмаш» (м. Красноярск), що експлуатується з 1977 р. (в міксерному відділенні) було проведено магнітно-коерцитивний НК його металоконструкції. На рисунку 1 зображено схему замірів коерцитивної сили головної балки А головного підйому цього крана (вертикальні стінки – ВСтЗсп5 (ГОСТ 380-71), верхній та нижній пояс – М16С (ГОСТ 6713-53)).

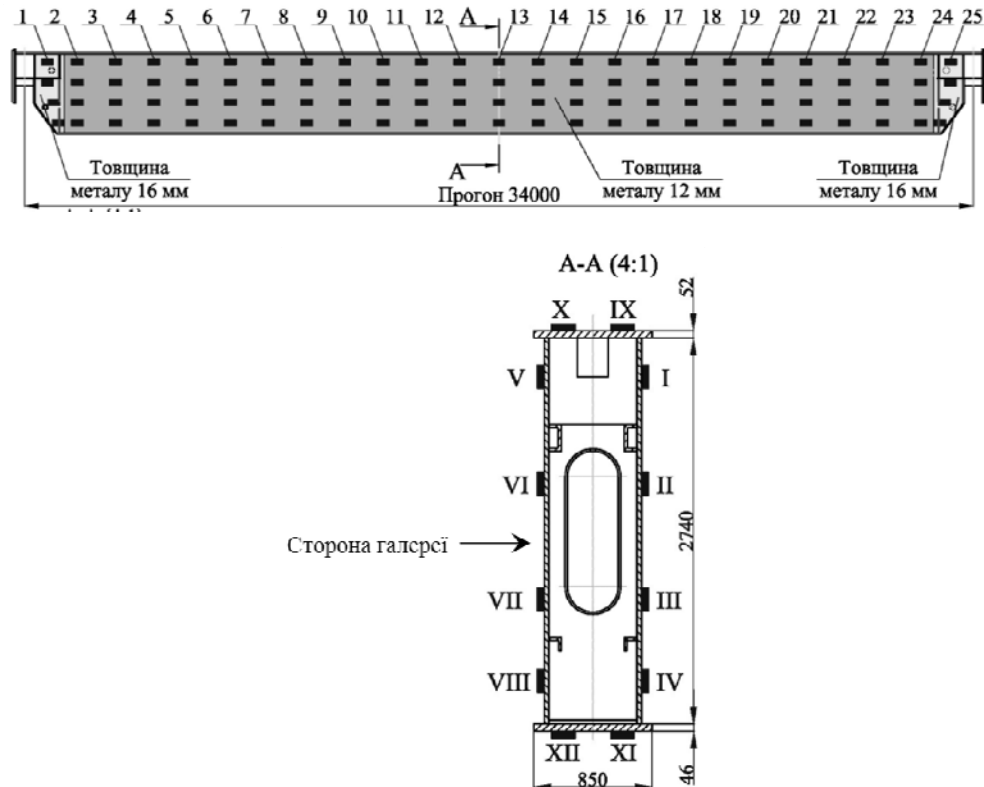


Рисунок 1 – Схема замірів коерцитивної сили головної балки А головного підйому ливарного крана вантажопідйомністю 180/50 т

Як видно з рисунку 1 магнітний контроль проводився в 25 перерізах по довжині головної балки А. В кожному перерізу (по периметру) були проведені виміри коерцитивної сили в 10 точках. Результати магнітно-коерцитивного НК головної балки А головного підйому наведені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1 у верхньому (товщиною $\delta=52$ мм) та нижньому ($\delta=46$ мм) поясі головної балки А були зафіксовані показники коерцитивної сили (H_C , А/см) більша половина яких менша коерцитивної сили сталі М16С в стані постачання ($H_{C0}=1,7$ А/см [2]). При цьому кран вже відпрацював на момент проведення вимірів 34 роки у важкому режимі роботи. Це свідчить про недостатню роздільну

здатність структуроскопа типу КРМ-ЦК-2М та необхідність приведення замірів коерцитивної сили (H_C , А/см) головної балки А до однієї товщини 8 мм [5, 6, 7, 8].

Таблиця 1 – Результати замірів коерцитивної сили (H_C , А/см) головної балки А головного підйому ливарного крана в/п 180/50 т

Номер перерізу	Значення коерцитивної сили (H_C , А/см) в точці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	3,4	3,4	3,2	3,6	4,1	4,0	3,1	3,7	1,4	1,6	1,7	1,6
2	2,4	2,6	3,0	3,2	3,0	2,4	2,4	3,2	1,8	1,6	1,4	1,4
3	2,6	2,7	3,2	3,5	3,0	2,7	2,8	3,1	1,8	1,4	1,6	1,9
4	2,6	3,0	3,8	3,4	2,9	2,6	3,0	3,6	1,7	1,7	1,6	1,7
5	3,8	3,4	3,5	3,7	3,3	3,7	4,3	4,0	1,6	1,6	1,8	1,7
6	3,6	3,6	3,4	3,9	4,0	3,7	4,1	4,0	1,7	1,7	1,4	1,4
7	3,4	3,5	3,8	4,2	4,0	4,3	3,8	3,6	1,7	1,7	1,4	1,6
8	3,8	3,6	3,9	4,3	4,1	3,7	3,9	4,1	1,7	1,4	2,0	1,9
9	3,6	3,2	4,2	3,9	4,3	3,7	3,4	4,5	1,7	2,0	1,3	1,6
10	4,1	3,3	3,9	3,9	4,6	4,1	4,1	4,3	1,8	1,9	1,6	1,9
11	4,3	3,8	3,8	4,2	3,8	3,7	3,8	4,7	2,3	2,3	1,2	1,2
12	4,4	3,9	3,9	4,5	3,8	3,8	3,9	4,6	2,0	1,7	1,3	1,3
13	4,2	4,1	4,2	4,7	4,8	4,1	3,4	4,5	1,7	1,6	1,6	1,6
14	4,0	3,6	4,5	4,6	4,0	4,1	3,4	4,1	1,6	1,4	1,2	1,2
15	3,7	3,8	4,4	4,4	4,4	4,0	4,1	4,7	1,4	1,3	1,3	1,3
16	4,4	4,0	4,6	4,3	5,2	4,4	3,4	4,6	1,3	1,3	1,2	1,3
17	4,0	3,9	4,4	4,6	4,3	3,7	3,3	4,9	1,3	1,3	1,3	1,3
18	3,6	3,6	4,0	4,0	4,4	3,7	3,6	3,5	1,4	1,3	1,6	1,8
19	3,6	3,2	3,6	4,0	3,4	3,8	3,8	4,4	1,3	1,3	1,9	2,0
20	3,7	3,4	3,2	3,6	4,1	4,0	3,7	4,1	1,6	1,2	1,2	1,3
21	3,6	3,5	3,0	3,1	3,7	3,7	3,4	3,9	1,2	1,3	1,3	1,7
22	3,0	3,0	2,6	3,0	2,7	2,9	3,6	3,8	1,6	1,3	2,2	1,9
23	2,9	2,6	2,4	2,8	3,4	3,0	3,1	3,2	1,7	1,3	1,8	2,0
24	3,2	2,8	3,0	3,5	3,1	3,8	2,6	3,5	1,4	1,4	1,3	1,4
25	3,7	3,4	3,4	3,0	4,0	3,8	3,3	4,0	1,3	1,3	1,6	1,3

Примітка: товщини металу

$\delta=12$ мм – переріз №2-24 точки I-VIII	$\delta=52$ мм – переріз №1-25 точки IX-X
$\delta=16$ мм – переріз №1, 25 точки I-VIII	$\delta=46$ мм – переріз №1-25 точки XI-XII

Всі заміри коерцитивної сили, за допомогою перерахунків [5, 6, 7, 8], були приведені до однієї товщини 8 мм в комп'ютерній програмі Metal v2.2. Для перерахунків було обрано з бази програми два

паспортизованні експериментальні зразки (далі ПЕЗи) (№131 [9] – для сталі ВСтЗсп5, №542 [10] – для сталі М16С). Значення коерцитивної сили в кожному перерізу зразка дано в таблиці 2, функціональна залежність коерцитивної сили (H_C , А/см) від товщини перерізу (δ , мм) ПЕЗ – для №131 формула (1), для №542 формула (2)

Таблиця 2 – Значення коерцитивної сили (H_C , А/см) в кожному перерізу ПЕЗ–ів №131 та №542

Товщина, мм	6	8	10	12	14	16	20	24	30	34	45	52
ПЕЗ №131	3,2	2,6	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8					
ПЕЗ №542		3,9	3,4	3,0		2,5	2,1	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7

$$\text{ПЕЗ №131: } H_C(\delta)=1,82+5,33 \cdot \exp(-0,23 \cdot \delta) \quad (1)$$

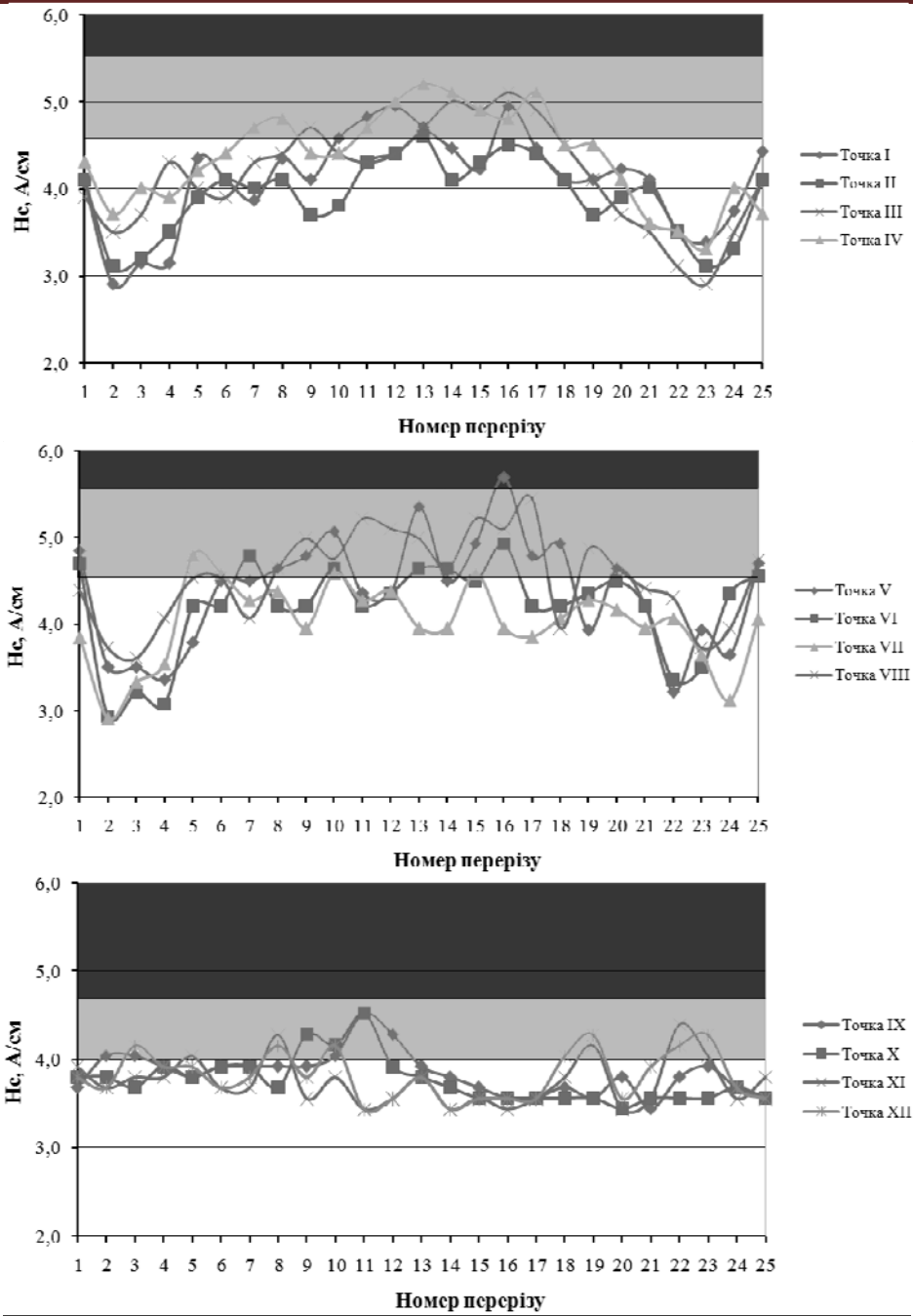
$$\text{ПЕЗ №542: } H_C(\delta)=1,68+6,83 \cdot \exp(-0,139 \cdot \delta) \quad (2)$$

Результати приведення замірів коерцитивної сили (H_C , А/см) головної балки А головного підйому ливарного крана вантажопідйомністю 180/50 т до однієї товщини 8 мм наведено на рисунку 2.

З рисунку 2 слідує, що відповідно до «Номограми залежності залишкового числа циклів навантаження МК піднімальних споруджень від H_C (А/см) (ISO 4301 [11])» метал головної балки А головного підйому працює: 74 % в надійному режимі експлуатації, 25 % в контрольованому режимі експлуатації, 1 % в критичному режимі експлуатації. Підвищення коерцитивної сили в точці V перерізу 16 має локальне поширення, тому в цій зоні необхідно організувати постійне візуальне спостереження для недопущення появи тріщин.

З проведеного аналізу швидкості росту коерцитивної сили в головній балці головного підйому ливарного крана вантажопідйомністю 180/50 т за роки експлуатації ($\Delta H_C/\Delta T$, (А/см)/рік) з урахуванням режиму навантаження слідує, що відповідно до [11], метал працює: 88 % в дуже легкому режимі навантаження, 11 % в легкому режимі навантаження, 1 % в середньому режимі навантаження.

Інтенсивність роботи досліджуваного ливарного крана складає 76 циклів за добу. Тоді прогнозована кількість діб (ресурс), яка залишилася до переходу кожної зони головної балки А у критичний режим експлуатації при дотриманні паспортних характеристик роботи крана і інтенсивності навантаження - рисунок 3.



Режим надійної експлуатації	Режим контрольованої експлуатації	Режим критичної експлуатації
-----------------------------	-----------------------------------	------------------------------

Рисунок 2 – Результати приведення замірів коерцитивної сили (H_c , A/cm) головної балки А головного підйому ливарного в/п 180/50 т до однієї товщини 8 мм (відповідно до рисунку 1)

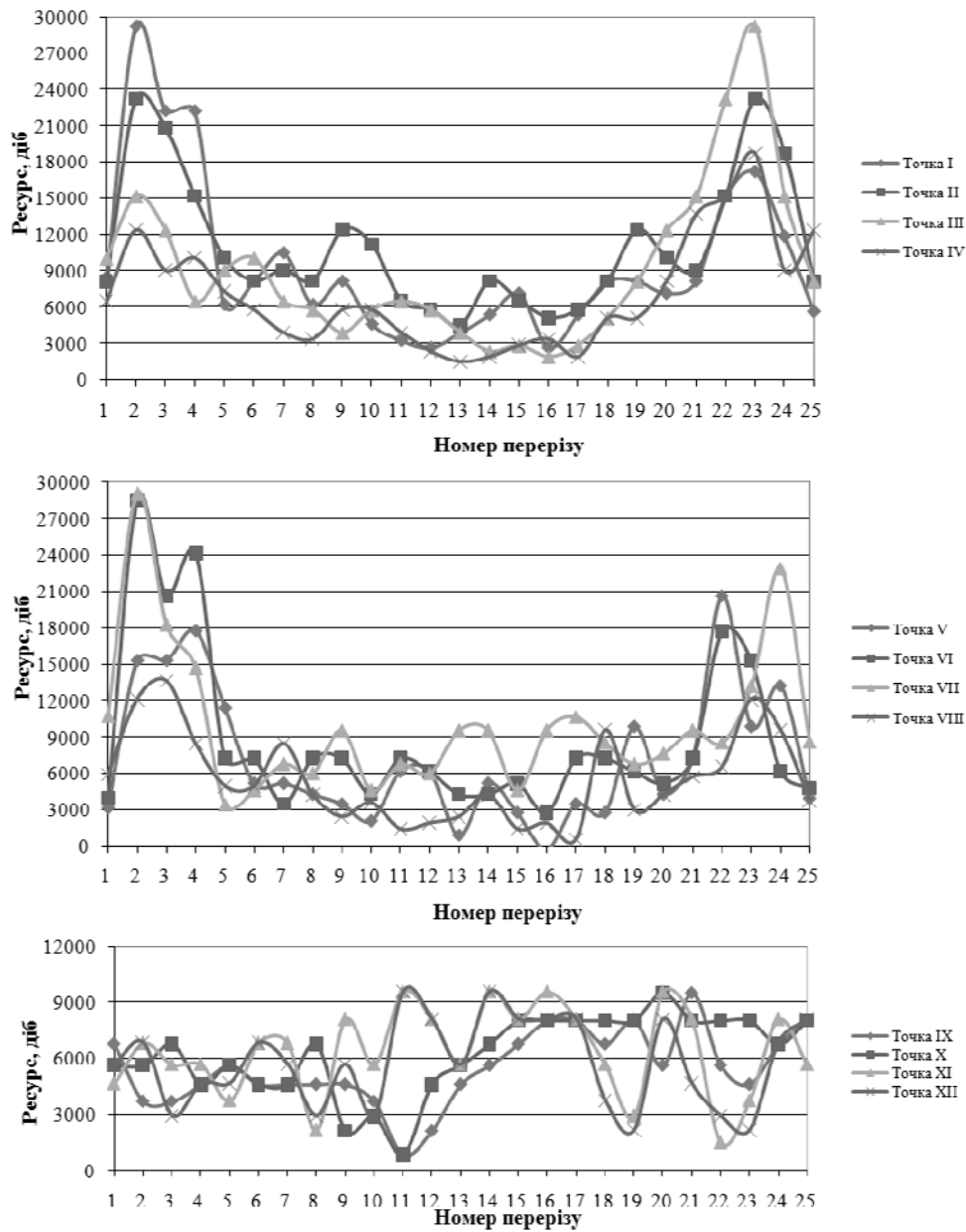


Рисунок 3 – Прогнозована кількість діб (ресурс), яка залишилася до переходу кожної зони головної балки А у критичний режим експлуатації при дотриманні паспортних характеристик роботи ливарного крана і інтенсивності навантаження

З рисунку 3 видно, що, при дотриманні паспортних характеристик роботи ливарного крана і інтенсивності навантаження, через 27740 циклів (три роки) 5 % металу головної балки А головного підйому буде працювати в критичному режимі експлуатації. Тому не пізніше ніж через три роки необхідно провести повторний магнітно-коерцитивний НК головної балки А (при дотриманні паспортних

характеристик) з фіксацією результатів вимірів в паспорт магнітного контролю, для відстеження динаміки розвитку напружено-деформованого стану металу.

Всі розрахунки та графічні побудови виконанні в комп'ютерній програмі Metal v2.2 [7, 8].

Висновки. В даній роботі показано практичне застосування метода паспортизованих зразків зі змінними перерізами на крані з товщинами елементів понад 40 мм. Це дозволило обґрунтовано продовжити строк роботи ливарного крана вантажопідйомністю 180/50 т на три роки (хоча згідно діючою нормативною базою нормативний ресурс крана вичерпано).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриенко Н. Н. Куда идем, Куда поворачиваем? / Андриенко Н. Н. Корень В. Л., Полнарев С. Я. // Подъёмные сооружения. Специальная техника. – 2011. – №7-8.
2. МВ 0.00–7.01–05. Методичні вказівки з проведення магнітного контролю напружено–деформованого стану металоконструкцій підйомних споруд та визначення їх залишкового ресурсу // 2005. – 58 с.
3. Попов В. А. Алгоритм ответственности / Попов В. А., Руднев А. М., Гудошник В. А. // Подъёмные сооружения. Специальная техника. – 2015. – №10-12.
4. Попов Б. Е. Магнитная диагностика и остаточный ресурс подъёмных сооружений / Б. Е. Попов, В. С. Котельников и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2001. - №2. – С. 44-49.
5. Григоров О. В. Проблемы магнитно-коэрцитивного контроля и подходы к их решению / О. В. Григоров, М. А. Стариков, С. А. Губский, А. А. Окунь // Подъёмные сооружения. Специальная техника. – Одесса, 2013. – №10. – С. 14–17.
6. Губский С. А. Практика применения экспериментальных образцов с переменным сечением при оценке значений коэрцитивной силы по результатам магнитного контроля металлоконструкций мостовых кранов, отработавших нормативный срок / С. А. Губский, В. А. Попов // Техническое перевооружение и безопасность в промышленной энергетике: научно–практический семинар–выставка, 16–17 марта 2006 г. : информационные материалы. – Харьков, 2006. – С. 58–64.
7. Григоров О. В. Шляхи врахування впливу товщини металу на показники коерцитивної сили / О. В. Григоров, С. О. Губський, А. О. Окунь // Подъёмные сооружения. Специальная техника. – Одесса, 2012. – №6. – С. 20–23.
8. Григоров О. В. Труднощі оцінки експлуатаційної придатності металоконструкцій кранів з різними товщинами елементів магніто-коерцитивним методом / О. В. Григоров, Н. О. Петренко, С. О.

Губський // Підйомно-транспортна техніка. – Дніпропетровськ, 2013. – №1. – С. 22-31.

9. Паспорт СЭОП 131–ВСтЗсп5 ПС. Экспериментальный образец (с переменным сечением) предприятия типа СЭОП для построения зависимости изменения значений коэрцитивной силы от толщины металлопроката при магнитном (коэрцитиметрическом) контроле металлоконструкций грузоподъемного оборудования №131 / ООО «Подъемсервис» // – Харьков, 2009. – 14 с.

10. Паспорт СЭОП 542–М16С ПС. Экспериментальный образец (с переменным сечением) предприятия типа СЭОП для построения зависимости изменения значений коэрцитивной силы от толщины металлопроката при магнитном (коэрцитиметрическом) контроле металлоконструкций грузоподъемного оборудования №542 / ООО «Подъемсервис» // – Харьков, 2009. – 14 с.

11. ИСО 4301 Части 1...5. Краны грузоподъемные. Классификация