

СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ В. В.

Одеський національний морський університет

<https://orcid.org/0000-0001-7027-9498>e-mail: vict141174@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ НА РЕСУРС МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ МОСТОВИХ КРАНІВ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

В роботі наведено результати досліджень мостових кранів, які експлуатують у закритих складах морських портів. Проаналізовані дефекти, які виникають у процесі їх експлуатації. Отримані результати вказують на те, що найбільш навантаженим елементом є кінцеві балки мостових кранів. За допомогою магнітного (коерцитиметричного) методу проаналізовано стан їх кінцевих балок, проведений аналіз результатів показав, що два крани слід негайно припинити експлуатувати.

Ключові слова: мостовий кран, механізм пересування, коерцитивна сила, ресурс.

Victor STRELBITSKIY

Odessa National Maritime University, Odessa

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE MOVEMENT MECHANISM ON THE RESOURCE OF METAL STRUCTURES OF OVERHEAD CRANES OF SEAPORTS

Overhead cranes are widely used when performing reloading operations on closed ones (fig.1) and open warehouses of sea and river ports. Since they are a link in the technological process, the productivity of Port lines depends on their reliable and continuous operation.

Overtime and long term operation of metal structures of overhead cranes in the mode of intensive cyclic loading leads to the formation of fatigue defects and subsequent failure of components and accidents. The main criterion for achieving the maximum condition of metal structures is considered to be the development of its resource, and their technical diagnostics and expert examination remain the method of establishing the real condition of cranes.

The paper presents the results of studies of overhead cranes that are operated in closed warehouses of seaports.

The 8 bridge cranes of the same type were selected for research, with a load capacity of 10 tons, which are made of BCm3cn5 steel, operate in Hook mode and operate in closed warehouses of ports. The crane travel path did not exceed 24 m.

To assess the stress-strain state of metal structures of end beams, the method of magnetic (coercimetric) monitoring using a KPM-Ц-K2M magnetic structuroscope was used. The measurements were carried out over three years, with a frequency of 1 time per year. On the metal structure of the crane, it was necessary to select the area where the force effect on the metal was the least during operation, and the values of the coercive force (a/CM) were measured. The obtained values are comparable to the passport values, the difference did not exceed 10%.

Experimentally, it was found that the most loaded node of the overhead crane is the end beams, since they have the greatest amount of damage. It was found that the greatest stresses occur in the attachment point of the corner axle boxes of the running wheels on the end beams, which are affected by vertical loads and transverse horizontal forces that occur when the crane moves. Two cranes have been found to have emergency cracks, so they need to be repaired or replaced. To obtain objective information, it is necessary to periodically monitor and regularly enter the NS value in the work log, while noting the actual values and intensity of the load.

Keywords: overhead crane, travel mechanism, coercive force, resource.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Мостові крани широко використовуються при виконання перевантажувальних операцій на закритих (рис.1) та відкритих складах морських та річкових портів.

Оскільки вони є ланкою технологічного процесу, тому від їх надійної та безперервної роботи залежить продуктивність портових ліній.

Проте, на сьогодні в Україні не спостерігається переоснащення портів у повному об'ємі, так як заміна усіх згаданих кранів вимагає значних інвестицій. Тому більше 85% кранів відпрацювали нормативний термін служби експлуатують [1-2].

Понаднормова та тривала експлуатація металоконструкцій мостових кранів в режимі інтенсивного циклічного навантаження призводить до утворення втомних дефектів та подальшої відмови вузлів та аварій [1-2].

Основним критерієм досягнення граничного стану металоконструкцій вважають вироблення її ресурсу, а методом встановлення реального стану кранів - залишаються їх технічне діагностування та експертне обстеження [1-3]. За результатами яких прийняти рішення про їх подальшу експлуатацію.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз проведених досліджень металевих конструкцій мостових кранів які попрацювали значний термін показав що:

1) дефекти у металоконструкціях можуть виникати у процесі тривалої експлуатації, при використанні кранів не за призначенням, а також внаслідок конструктивних недоробок і недоліків виготовлення та монтажу кранів [1-3,5];

- 2) термін напрацювання неоднозначно впливає на механічних характеристиках матеріалів [1,3,5]
 - 3) виявлені корозійні пошкодження у вигляді виразок чи поверхневих ушкоджень, носять випадковий характер та впливають істотно на залишкову довговічність [5];
 - 4) руйнування металоконструкцій в процесі експлуатації передусім пов'язано з циклічними навантаженнями в процесі експлуатації, які сприяють утворенню мікротріщин, котрі у подальшому в макротріщини та поширюється в тіло металоконструкції [1-3,5];
 - 5) безпека експлуатації мостових кранів, які відпрацювали нормативний термін працездатності, на пряму залежить від характеристик тріщиностійкості металу кінцевих балок [1-3,5];
 - 6) оцінка технічного стану є індивідуальною для кожного крану [1-3,5].
- Однак, вплив механізму пересування на ресурс металоконструкцій мостових кранів які пропрацювали більше 20 років у морських портах, на сьогодні в науковій літературі розглянуто недостатньо.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження стану вузлів та вплив механізму пересування на ресурс металоконструкцій мостових кранів з понаднормовими термінами експлуатації у закритих складах морських портів.

Виклад основного матеріалу

Для досліджень було обрано 8 мостових однопіпних кранів (рис.1), вантажопідйомністю 10 тон, які виготовлені за сталі ВСтЗсп5, працюють у крюковому режимі та експлуатують у закритих складах портів. Шлях переміщення кранів не перевищував 24 м.

Візуальний огляд всіх металевих конструкцій кранів відбувався протягом двох років роботи, через кожні 3 місяці.

Аналіз проведених досліджень показав що:

- 1) у віх кранів знос коліс перевищує граничні значення ;
- 2) у 75 кранів тріщини в основному металі кінцевих балок (рис.2,а)



Рис. 1. Фото досліджуваного крана

- 3) у третини кранів виявлені тріщини у зварних з'єднаннях головної та кінцевої балок (рис 2,а);
- 4) у 80% кранів виявлені тріщини в кутах верхнього й нижнього вирізів вертикальних листів під болтові з'єднання букс тріщини в кутах верхнього й нижнього вирізів вертикальних листів під болтові з'єднання букс
- 5) у всіх кранах були зафіксовані тріщини у місцях кріплення головних балок з кінцевими (рис.2,б та в)
- 6) у половині кранів виявлені тріщини в місцях приварки крайок ребер жорсткості до поясу балки (рис.2,а);
- 7) у 80% кранів виявлені тріщини в кінців косинок, що з'єднують головні і кінцеві балки (рис.2,в).

У двох кранах виявлені тріщини аварійного характеру, т.т. вимагають їх ремонту або заміни. Аналіз результатів досліджень показав, що виявлені тріщини у балках виникають внаслідок порушення умов експлуатації, інтенсивного зносу коліс, зміни характеристики кранового шляху та утворених сил перекоосу, а також вібраційних навантажень які виникають у процесі роботи та призводяться до зміни напружено-деформованого стану елементів крана [2].

Місце зародження і конфігурація втомних тріщин свідчить про те, що вони утворюються від дії навантажень, які викликані, головним чином, силовою взаємодією коліс крана з рейками при його русі уздовж шляхів.

Пошкодження зварних мостів, є наслідком інтенсивному зношування реборд коліс внаслідок дії поперечних сил у контактні колесо-рейок при русі кранів з монтажним перекоосом їх ходових коліс у горизонтальній площині.

Було встановлено, що найбільші напруження вникають у вузлі кріплення кутових букс ходових коліс на кінцевих балках, на які діють вертикальні навантаження і поперечні горизонтальні зусилля, котрі виникають при русі крана. Горизонтальні зусилля концентруються в буксових частинах кінцевих балок у вигляді крутного моменту, котрий утворений силою перекоосу. Зміна крутного моменту у процесі руху призводить до появи у вузлі кріплення знакозмінних напружень, частота яких залежить від числа включень механізму пересування крана.

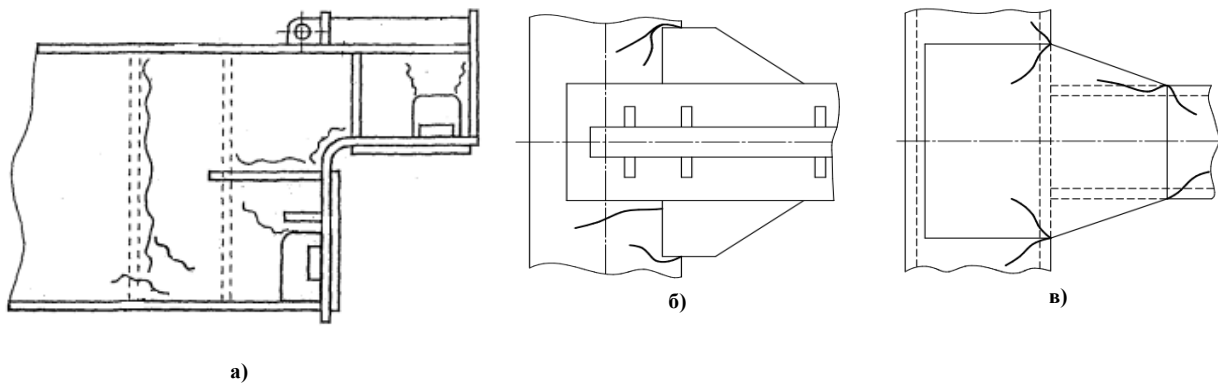


Рис. 2. Тріщини у кінцевих балках (а), місцях з'єднання головної та кінцевої балок (б,в)

Для оцінки напружено-деформованого стану металоконструкцій кінцевих балок застосовано метод магнітного (коерцитиметричного) контролю за допомогою магнітного структуроскопа КРМ-Ц-К2М (рис.3) [6,7]. Головною перевагою приладу полягає у тому, що на показання приладу впливають властивості металу, не впливають захисні покриття (фарби, плівки та ін.) товщиною до 6 мм та корозія, шорсткість, кривизна поверхні тощо [6,7]. Вимірювання проводились протягом трьох років, з періодичністю 1 раз в рік.



Рис. 3. Структуроскоп (коерцитиметр) КРМ-Ц-К2М

Слід відмітити, що магнітна діагностика по коерцитивній силі реагує лише на структурну перебудову та залишкові напруження, виявляючи напрямок дії головних сил в усьому контрольованому об'ємі металу.

Схема контрольних точок вимірювання коерцитивної сили наведена на рис.4, а,в.

На металоконструкції крана було вибрати ділянку, на якій силовий вплив на метал був найменшим у процесі експлуатації, та виміряні значення коерцитивної сили H_C^0 (А/см). Отримані значення порівняли з паспортними, різниця не перевищувала 10%.

Далі, вимірювали коерцитивну силу у контрольних точках (рис.4,а та б). У кожній точці кран вимірювання проводили тричі, отримані значення усереднювали.

За результатами товщинометрії, згідно вимог [4], складені відповідні протоколи та внесені відмітки у паспорт крана.

Результати вимірювань наведені на рис.4,в.

Отримані експериментальні величини H_C порівнювали зі значеннями для відповідної марки сталі (рис.5.) [8]. Наведені діаграми дозволяють вирішувати зворотні задачі — тобто визначати рівень діючих чи залишкових напружень у конструкції за даними контролю величини коерцитивної сили.

Аналіз отриманих даних вказує на те, що:

1) два крани слід негайно припинити експлуатувати, оскільки у них виявлені тріщини аварійного характеру, магнітний контроль показав що ресурс їх експлуатації практично вичерпано;

2) крани наблизилися до режиму критичної експлуатації, тобто метал металоконструкцій знаходиться на стадії вичерпання запасу пластичності, причому залишкові напруження у них перевищують межу плинності для відповідної марки сталі.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Експериментальним шляхом біло встановлено, що найбільш навантаженим вузлом мостового крана є кінцеві балки, так як у них виявлено найбільшу кількість пошкоджень. Було встановлено, що найбільші напруження виникають у вузлі кріплення кутових букс ходових коліс на кінцевих балках, на які діють вертикальні навантаження і поперечні горизонтальні зусилля, котрі виникають при русі крана.

У двох кранах виявлені тріщини аварійного характеру, тому їх необхідно ремонтувати або замінити.

Для отримання об'єктивної інформації необхідно здійснювати періодичний контроль і регулярно заносити значення H_C у робочий журнал, зазначаючи при цьому фактичні значення та інтенсивність навантаження.

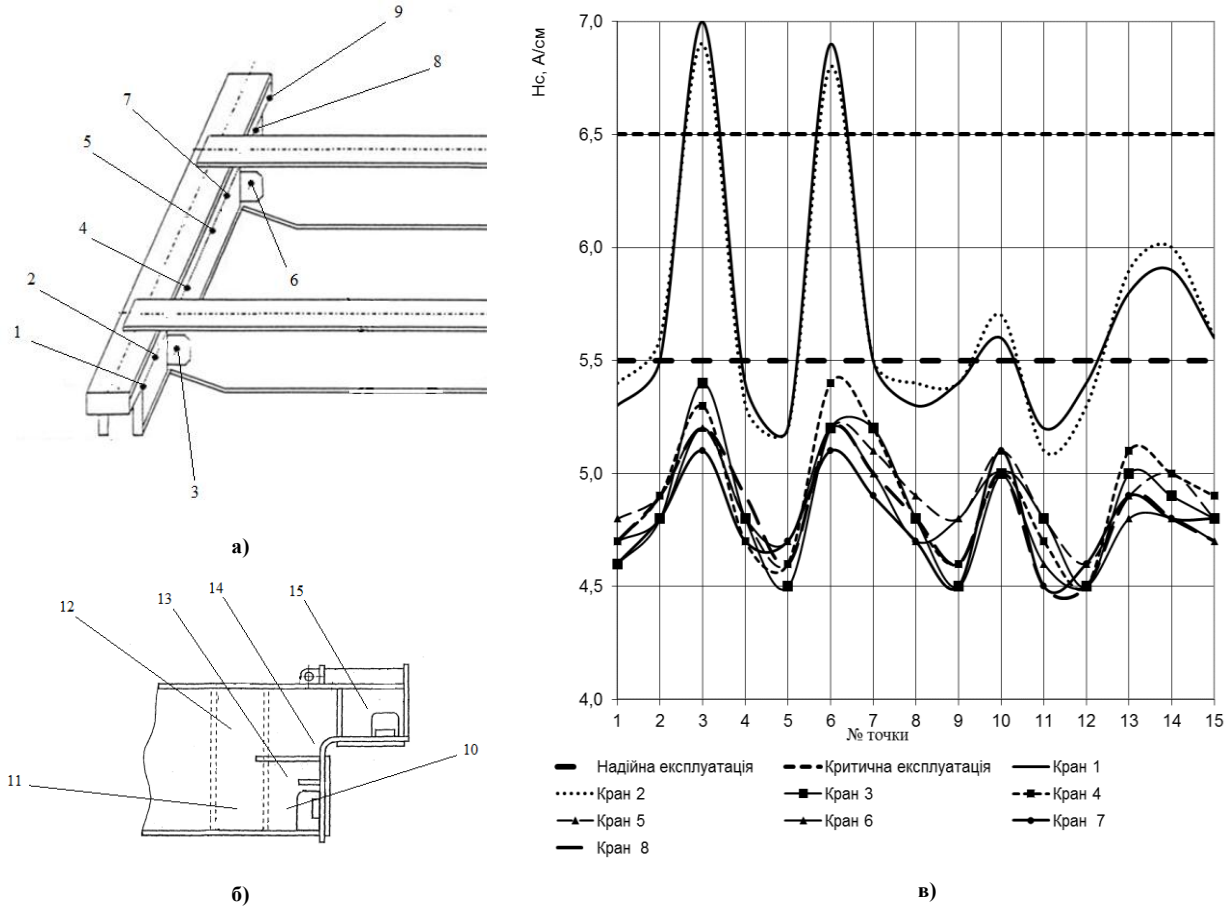


Рис. 4. Контрольні точки (а,б) та результати вимірювання коерцитивної сили (в) у кінцевих балках

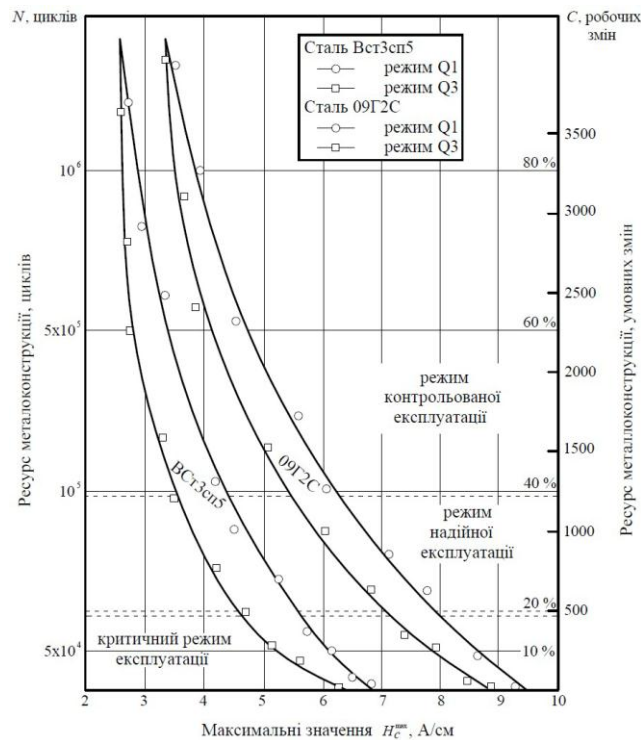


Рис. 5. Номограми для магнітного контролю залишкового ресурсу металокопункцій підйомних споруд за ISO 4301 [8]

Література

1. Стрельбіцький В.В. Експериментальне дослідження впливу напруження на тріщиностійкість сталей мостових кранів / В.В. Стрельбіцький // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 4. - Т.1 – С. 138–142.
2. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. — Харків: НТУ «ХП», 2005. — 304 с.
3. Немчук О. О. Особливості діагностування технічного стану сталей портового перевантажувального обладнання / О. О. Немчук // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2017. - Т. 53, № 6. - С. 116-118.
4. ОМД 00120253.001-2005 Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) кранів мостового типу. [Чинний від 2006-11-15]. Вид. офіц. Х.: Науково-дослідний, проектно-технологічний та конструкторський інститут «Укркраненерго», 2005. 160 с.
5. Стрельбіцький В.В., Яременко В.А. Аналіз дефектів мостового крана вантажопідйомністю 10 тон. Матеріали V Міжнародна науково-практична конференція «Trends in science and practice of today», 19-22 жовтня 2021р., Анкара, Туреччина. – 2020. – № 4. - Т.1 – С. 138–142.
6. Григоров О. В. Метод аналізу вимірювань коерцитивної сили під час технічної діагностики металоконструкцій кранів з різними товщинами елементів / О.В. Григоров, С.О. Губський, В.А. Попов, М.Ф. Хорло // Метрологія та прилади. – 2009. – №5. – С. 51–55.
7. МВ 0.00-7.01-05. Методичні вказівки з проведення магнітного контролю напружено-деформованого стану металоконструкцій підйомних споруд та визначення їх залишкового ресурсу.– К. : 2005. - 77 с..
8. Григоров О.В., Аніщенко Г.О., Петренко Н. О. Металеві конструкції Металеві конструкції підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин. – Харків : НТУ «ХП», 2011, - 516 с

References

1. Strelbitskiy V.V. Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu napratsiuвання na trishchynostiіkist stalei mostovykh kraniv / V.V. Kukhar // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2020. – № 4. - Т.1 – С. 138–142.
2. Hryhorov O. V., Petrenko N. O. Vantazhopidiomni mashyny: Navch. posibnyk. — Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. — 304 s.
3. Nemchuk O. O. Osoblyvosti diahnostuvannia tekhnichnoho stanu stalei portovoho perevantazhuvalnoho obladdannia / O. O. Nemchuk // Fyzyko-khimichna mekhanika materialiv. - 2017. - Т. 53, № 6. - S. 116-118..
4. OMD 00120253.001-2005 Metodyka provedennia ekspertnoho obstezhennia (tekhnichnoho diahnostuvannia) kraniv mostovoho typu. [Chynnyi vid 2006-11-15]. Vyd. ofits. Kh.: Naukovo-doslidnyi, proektno-tekhnolohichni ta konstruktorskyi instytut «Ukrkranenerho», 2005. 160 s...
5. Strelbitskiy V.V., Yaremenko V.A. Analiz defektiv mostovoho kрана vantazhopidiomnistiu 10 ton. Materialy V Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Trends in science and practice of today», 19-22 zhovtnia 2021r., Ankara, Turechchyna. – 2020. – № 4. - Т.1 – S. 138–142..
6. Hryhorov O. V. Metod analizu vymiriuvan koertsyivnoi syly pid chas tekhnichnoi diahnostryky metalokonstruksii kraniv z riznymy tovshchynamy elementiv / O.V. Hryhorov, S.O. Hubsnyi, V.A. Popov, M.F. Khorlo // Metrolohiia ta prylady. – 2009. – №5. – S. 51–55
7. MV 0.00-7.01-05. Metodychni vkazivky z provedennia mahitnoho kontroliu napruzhenodeformovanoho stanu metalokonstruksii pidiomnykh sporud ta vyznachennia yikh zalyshkovoho resursu.– K. : 2005. - 77 s..
8. Hryhorov O.V., Anishchenko H.O., Petrenko N. O. Metalevi konstruksii Metalevi konstruksii pidliomno-transportnykh, budivelnnykh, dorozhnykh, meliorativnykh mashyn. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2011, - 516 s