

Бойко Г.О., Яровий М.В.

ІННОВАЦІЙНІ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВИХ КОЛІС ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ

Розглянуто види та причини дефектів ходових коліс вантажопідйомних кранів мостового типу, їх взаємозв'язок з характером переміщення кранів. Проаналізовано причини зношення реборд і обідів кочення ходових коліс кранів. Наведено причини руху з перекосом кранів мостового типу. Розглянуто питання можливості застосування на кранах мостового типу пружних ходових коліс кранів. Проведено аналіз існуючих конструкцій пружних ходових коліс вантажопідйомних кранів мостового типу. Наводяться переваги пружних ходових коліс у порівнянні зі стандартними ходовими колесами вантажопідйомних кранів. Акцентується увага на тому, що застосування пружних ходових коліс знижує рівень вертикальних динамічних навантажень при переміщенні кранів, особливо при наїзді на виступи на стиках рейок підкранових колій коли сила удару колеса на виступі значно перевищує силу статичного навантаження ходового колеса. Наводяться інноваційні конструкції пружних ходових коліс вантажопідйомних кранів мостового типу, захищені патентами України на винаходи та корисні моделі. В якості основних концептуальних переваг запропонованих конструкцій пружних ходових коліс є застосування кільцевих еластичних вставок, що дозволить суттєво знизити рівень вертикальних динамічних навантажень на металеві конструкції моста крану та підкранові балки, а також поліпшити умови праці на кранові. Запропоновані конструкції пружних ходових коліс кранів мостового типу мають переваги у порівнянні з існуючими конструкціями, а саме: технологічно досконаліші, з можливістю заміни зношених реборд та еластичних вставок.

Ключові слова: вантажопідйомний кран, ходове колесо, рейка, вертикальні динамічні навантаження, пружна вставка.

Вступ.

Статистика відмов вантажопідйомних кранів, а саме кранів мостового типу, отримана за результатами багаторічного діагностування технічного стану кранів силами експертно-діагностичної науково-дослідної лабораторії “КранЕкс” Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, свідчить, що найбільш поширеними серед дефектів є дефекти металевих конструкцій у вигляді тріщин втомленості [1] та дефекти ходових коліс у вигляді крихкого руйнування і зношення реборд (див. рис. 1,а,б) та крихкого руйнування обіду кочення колеса (див. рис. 1,в,г) [2].

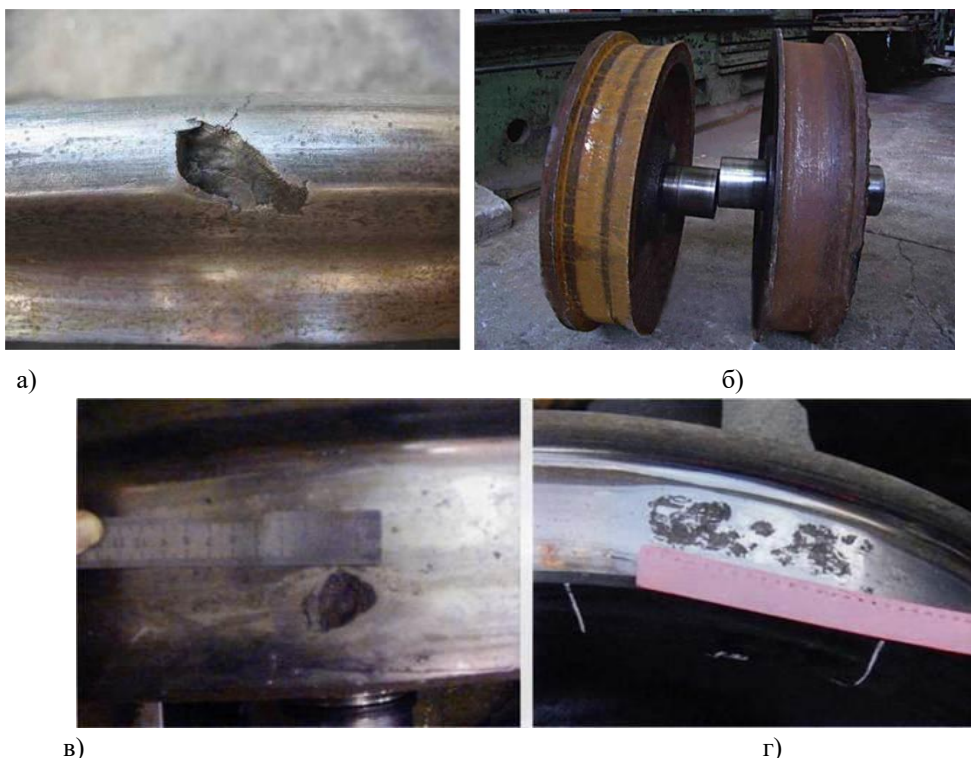


Рисунок 1 – Дефекти ходових коліс кранів: а) – крихке руйнування; б) - зношення реборд; в), г) - крихке руйнування обіду колеса.

Характерною особливістю цих дефектів є те, що вони взаємопов'язані, а однією з їх першопричин є технічний стан підкранових колій. Геодезичні вимоги до підкранових колій викладено у Правилах будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів [3].

Зношення реборд ходових коліс є наслідком їх тертя з бічною поверхнею голівки підкранової рейки. Контакт реборд ходового колеса з рейкою є наслідком перекісного руху крану, причинами якого можуть бути:

- відхилення фактичних показників положення підкранових рейок у горизонтальній і вертикальній площині від встановлених норм [3];
- нерівномірність навантаження на сторонах прольоту крану;
- відхилення положення ходового колеса у вертикальній і горизонтальній площині від встановлених норм:
- різниця в діаметрах ободів ходових коліс на сторонах крану;
- величина конструктивного зазору між ребордами коліс і рейками;
- різниця в діагоналях моста крану як наслідок податливості металеві конструкції;
- неідентичність механічних характеристик електродвигунів механізму пересування з розділеним приводом;
- неідентичність величини гальмівного моменту колодкових гальм механізму пересування з розділеним приводом.

Причинами зношення обіду кочення ходового колеса можуть бути порушення технології виготовлення колеса, а причинами крихкого руйнування - динамічні навантаження на ходові колеса. Відомо, що ходові колеса виготовляють із вуглецевої та легованої сталей 75, 65Г. Твердість поверхні кочення і реборд повинна бути не менше HB 300-350 на глибину: при діаметрі колеса 160-250 мм -15 мм, 320-500 мм-20 мм, 560-1000 мм -30 мм. Порушення встановлених норм по твердості обіду кочення ходового колеса може призвести до його зношення і, як наслідок, до зміни діаметра колеса.

Причинами крихкого руйнування обідів кочення ходових коліс можуть бути відхилення від технології виготовлення ходових коліс у наслідок термічної обробки поверхні кочення, а також значні вертикальні динамічні навантаження ударного типу, які виникають при наїзді ходових коліс кранів на стики рейок у місцях їх з'єднання між собою. Такі навантаження впливають на стан не тільки коліс, але і на стан металевих конструкцій, особливо у місцях кріплення ходових коліс і з'єднання головних і кінцевих балок. Згідно [3] при експлуатації мостових кранів взаємне зміщення стиків рейок по висоті не повинно перевищувати 3 мм і зазори між рейками не повинні перевищувати 4 мм, але, як свідчить практичний досвід, в експлуатації відхилення від встановлених норм може перевищувати в декілька разів. Проходження ходовими колесами стиків рейок супроводжується жорстким ударом. В момент зіткнення ходового колеса із зустрічним виступом рейки вертикальна складова швидкості пересування крану за доли секунди змінюється від нуля до максимального значення. Під час удару в зоні контакту ходового колеса з рейкою виникає контактна сила пружної деформації системи колесо-рейка. Ударний імпульс, отриманий колесом, далі розповсюджується у вигляді хвилі пружної деформації по металоконструкції крану, призводячи до її пружних коливань, а ударний імпульс, отриманий рейкою, розповсюджується на підкранові балки. Згідно експериментальних досліджень [4], проведеного на мостовому крані вантажопідйомністю 15 т, прольотом 28 м, величина сили удару при наїзді на виступ складає 658 кН, а статичний тиск (навантаження) на колесо дорівнює 230 кН, що свідчить про високий рівень навантаження ходового колеса.

Для зниження рівня ударного навантаження ходових коліс і металоконструкцій кранів, підкранових рейок і підкранових балок, підвищення їх довговічності необхідно знизити контактну жорсткість елементів системи крановий міст-рейка-підкранова балка. На практиці для цього встановлюють амортизуючі прокладки під рейки у місцях стиків рейок. Останнім часом з'явилися технічні рішення [5-7] ціллі яких є вирішення цього питання. Сутність рішень полягає у застосуванні на кранах пружних коліс.

Метою статті є аналіз існуючих конструкцій пружних ходових коліс вантажопідйомних кранів та удосконалення їх конструкцій.

2 Основна частина.

2.1. Аналіз існуючих конструкцій пружних ходових коліс.

Застосування пружних ходових коліс кранів має гарну перспективу, адже технологічно їх виготовлення не є складним, а ефективність їх застосування не викликає сумніву.

На рисунку 2 наведено загальний вигляд конструкції пружного ходового колеса, а на рисунку 3 – його конструкцію у розрізі А-А [5].

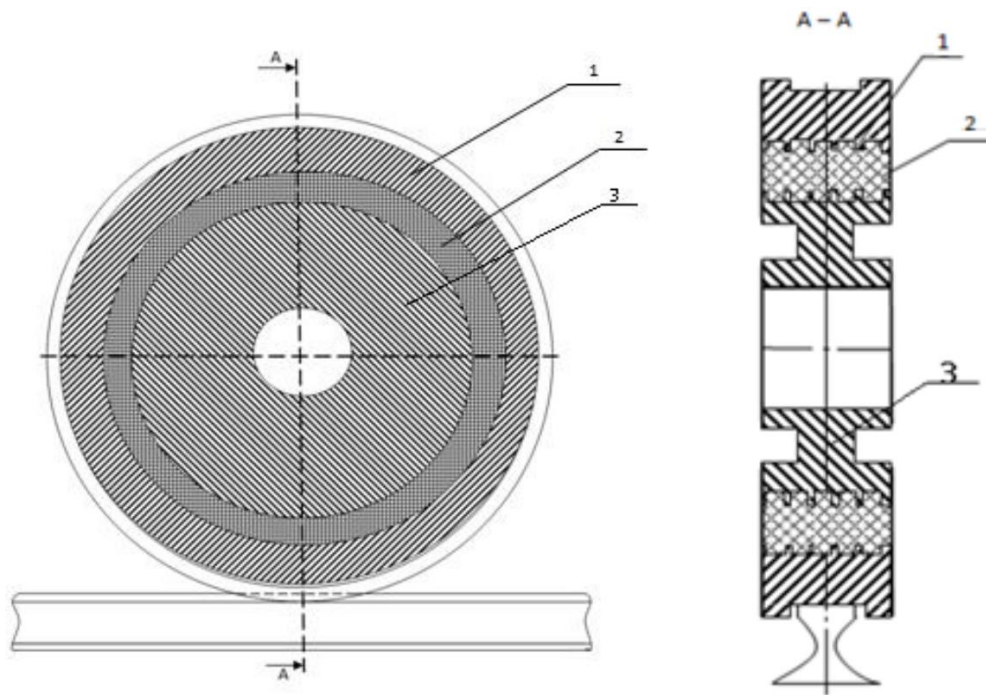


Рисунок 2 - Ходове колесо крана з пружним кільцем в обіді



Рисунок 3 - Конструкція ходового колеса з пружним кільцем, де 1- обід; 2- пружне кільце; 3- диск.

Пружне кільце (рис. 2,3) має ступінчасту форму, яка входить в пази, які нарізані на внутрішній поверхні колеса. Це дозволяє зменшити вібрації при пересуванні коліс за рахунок поглинання динамічних навантажень, до яких призводять поштовхи при русі вантажного візка.

Авторами [2] експериментально доведено ефективність і доцільність їх застосування. Експериментальні дослідження, проведені авторами на вантажному візку довели, що застосування ходових коліс з пружною вставкою зменшує (в 1,8 рази) динамічні навантаження під час руху візка.

Станом на сьогодні також відомо декілька інших технічних рішень конструкцій ходових коліс кранів з пружними вставками [6,7], захищених патентами України на об'єкти інтелектуальної власності, які заслуговують до себе уваги.

2.2. Розробка нових конструкцій пружних коліс крану [8,9]

На рисунках 4-6 наведено конструкцію пружного ходового колеса крану [8] характерною особливістю якої є забезпечення можливості заміни пружних напівкільців в результаті їх зношення, або втрати ними пружних властивостей.

Ходове колесо містить маточину 1, зовнішні реборди 2, внутрішні роз'ємні реборди 3 з обідом 4 у вигляді напівкільця, які кріпляться через отвори 5 із зазором 6 до маточини 1 колеса з'єднувальними елементами 7, та із зазором 8 між собою, величина якого дорівнює величині зазору 6 між маточиною 1 і внутрішніми ребордами 3. Між внутрішньою поверхнею обідів 4 і маточиною 1 розміщено два пружних напівкільця 9. Реборди ходового колеса виконані з двох частин однакової товщини, причому зовнішні частини реборд 2 виконані спільно з маточиною 1, а внутрішні частини реборд 3 виконані спільно з обідом 4 колеса і являють собою два напівкільця, які кріпляться із кільцевим зазором 8 до маточини 1 колеса з'єднувальними елементами 7.

При переміщенні вантажопідійомних кранів, наприклад, мостового типу, або їх вантажних візків ходове колесо крана, а саме через зовнішню поверхню обіду 4, яка контактує з голівкою рейки (умовно не зображено), сприймає динамічні вертикальні навантаження, які передаються та демпфуються пружними напівкільцями 9, розміщеними між обідами 4 та маточиною 1. При цьому внутрішні реборди 3 переміщуються в пазах маточини 1, що забезпечується наявністю кільцевого зазору 6 між маточиною 1 та внутрішньою ребордою 3 та можливістю переміщення з'єднувальних елементів 7 у отворах 5 маточини 1 на величину стискання пружного напівкільця 9 та наявністю зазору 8 між внутрішніми ребордами 3. У разі, коли в контакт з голівкою рейки вступає друге напівкільце обіду 4, попереднє напівкільце обіду 4, яке вийшло з контакту, переміщується в пазах маточини 1 разом зі з'єднувальними елементами 7, які переміщуються у отворах 5 маточини 1. Це переміщення відбувається за рахунок пружних властивостей пружного напівкільця 9. У разі зношення пружних напівкільць 9, або внутрішніх реборд 3, заміна зношених елементів здійснюється шляхом викручування з'єднувальних елементів 7 та демонтажу/монтажу зношених елементів на нові.

Застосування запропонованого пружного ходового колеса дозволить удосконалити та спростити процес технологічного складання ходового колеса крана, підвищити його надійність та ефективність застосування, а виконання частини реборди змінною та роз'ємною скоротить час на заміну зношених частин реборди та підвищить продуктивність праці.

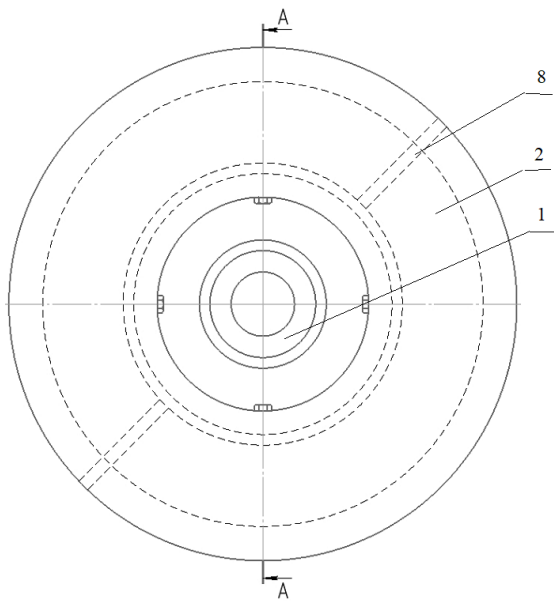


Рисунок 4

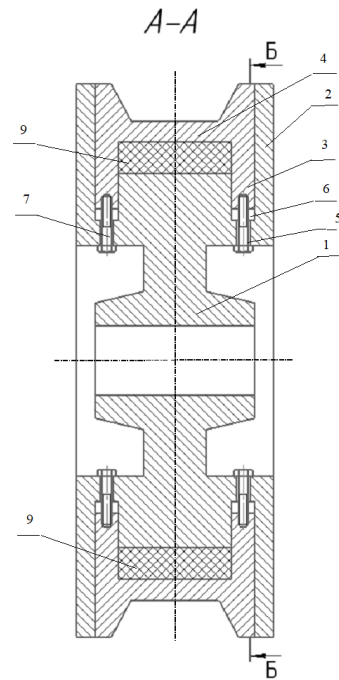


Рисунок 5

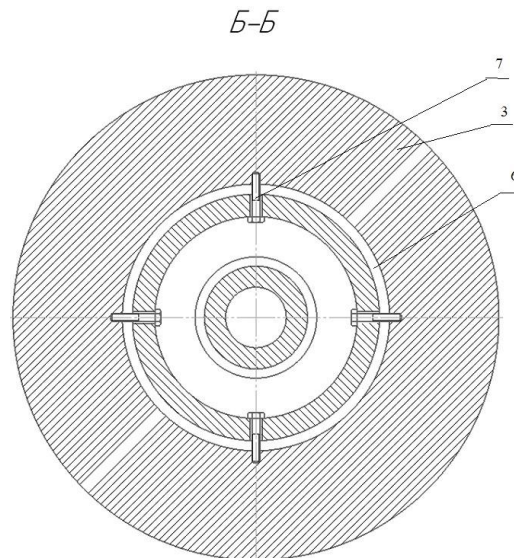


Рисунок 6

На рисунках 7 - 8 зображено ще одну конструкцію пружного ходового колеса крана [9] особливою якої є те, що обід ходового колеса виконано роз'ємним.

Ходове колесо містить маточину 1, ліву частину обіду 2 з ребордою 3, та праву частину обіду 4 з ребордою 5, кільцеву пружну вставку 6 з виступом, встановлену у зовнішній паз 7 маточини 1, кільцеві пружні вставки 8 і 9, встановлені у внутрішній верхній паз 10 та внутрішній нижній паз 11 маточини 1, відповідно, шпильки-пальці 12, встановлені по колу у отворах 13 маточини 1 і з'єднані з ребордами 3 і 5 через отвори в них шайбами 14 і гайками 15.

Технологія складання ходового колеса наступна. На зовнішню поверхню маточини 1 у паз 7 встановлюється кільцева пружна вставка 6 з виступом, на внутрішні поверхні маточини 1 у пази 10 і 11 встановлюються кільцеві пружні вставки 8 і 9. У отвори реборди 5 правої частини обіду 4 встановлюються шпильки-пальці 12 і закріплюються з ребордою 5 шайбами 14 і гайками 15. Права частина обіду 4 з ребордою 5 і закріпленими у ній шпильками-пальцями 12 встановлюється на зовнішній поверхні кільцевої пружної вставки 6, а вільні кінці шпильок-пальців 12 при цьому встановлюються у отворах 13 маточини 1. Ліва частина обіду 2 разом з ребордою 3 встановлюється на зовнішній поверхні кільцевої пружної вставки 6, а у отвори реборди 3 при цьому встановлюються вільні кінці шпильок-пальців 12 і закріплюються до реборди 3 шайбами 14 і гайками 15.

При наїзді ходовим колесом на стик рейки, зовнішня поверхня правої 2 та лівої 4 частин обіду контактують з голівкою рейки і сприймають ударні динамічні вертикальні навантаження, які передаються та демпфуються кільцевими пружними вставками 6, 8 та 9, встановленими у пазах 7, 10 та 11, відповідно, маточини 1. При цьому величини їхньої сумарної деформації, яка виникає за рахунок переміщення частин обіду 2 і 4 разом з ребордами 3 і 5 та зі шпильками-пальцями 12 у отворах 13 маточини 1 від дії ударних навантажень, не повинні перевищувати величину зазору між шпильками-пальцями 12 і отворами 13 у маточині 1.

У разі зношення кільцевих пружних вставок 6, 8, 9 або внутрішніх поверхонь реборд 3 і 5, заміна зношених елементів здійснюється шляхом викручування зі шпильок-пальців 12 гайок 15 та демонтажу/монтажу зношених елементів на нові.

Застосування запропонованого колеса дозволить удосконалити та спростити процес технологічного складання ходового колеса крана, підвищити його надійність та ефективність застосування, а виконання обіду із двох частин разом з ребордами змінним та роз'ємним скоротить час на заміну зношених реборд та підвищить продуктивність праці.

Висновки.

1. Згідно статистичних даних зношення реборд та крихке руйнування обідів ходових коліс вантажопідійомних кранів мостового типу є найбільш поширеними дефектами.
2. Рівень вертикальних динамічних навантажень на металеві конструкції крана при наїзді на виступи на стиках рейок підкранової колії майже в 3 рази перевищує рівень статичного навантаження, що може бути однією із причин руйнування металевих конструкцій.
3. Застосування на вантажопідійомних кранах мостового типу пружних ходових коліс майже у 2 рази знижує рівень вертикальних динамічних навантажень.
4. Подальше удосконалення та застосування конструкцій пружних ходових коліс вантажопідійомних кранів мостового типу є перспективним напрямком.

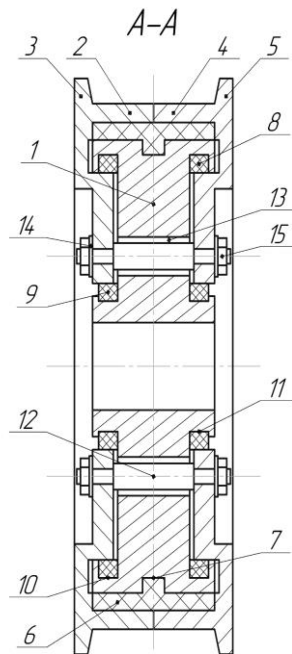


Рисунок 7

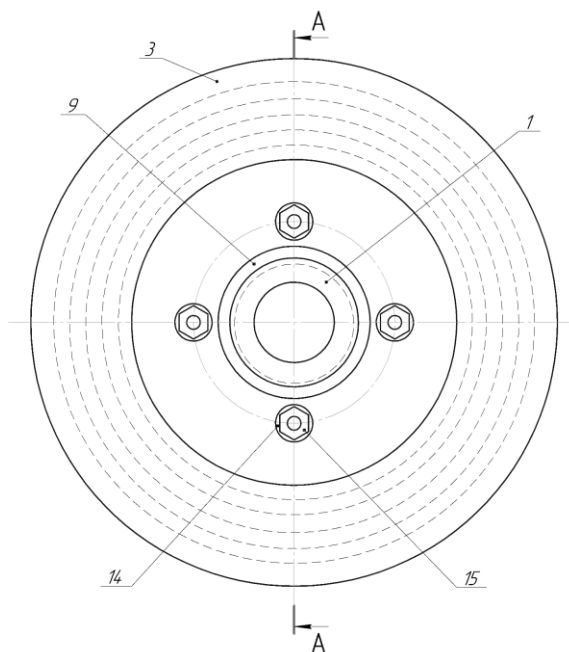


Рисунок 8

Література

1. Оцінка рівня динамічних навантажень металевих конструкцій кранів мостового типу/ Бойко Г.О. Наукові вісті Далівського університету №13, 2017, (електронне видання).
2. Механізми пересування мостових кранів: монографія / Є.Д. Слепужніков, Н.М. Фідровська, І.С. Варченко. – Харків: НУЦЗУ, 2019. – 124 с.
3. НПАОП 0.00-01-07. Правила будови та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – К.: Основа, 2007. – 264 с.
4. Лобов Н.А. Динамика мостовых кранов. - М.: Машиностроение, 1987. -160 с.
5. Патент України на корисну модель № 98454, Колесо кранове з пружним кільцем, розташованим в ободі. МПК В60 В 9/00, опубл. .2015 р., Бюл. №8.
6. Патент України на корисну модель № 79946, Кранове ходове колесо з еластичною кільцевою вставкою. МПК В60 В 9/00, опубл. 2013 р., Бюл. №9.
7. Патент України на винахід № 104240, Кранове ходове колесо з еластичною кільцевою вставкою. МПК В60 В 9/00, опубл. 10.01.2014 р., Бюл. №1.

8. Патент України на винахід № 125484, Ходове колесо крана. МПК В60 В 9/00, В66 С 9/08, опубл. 30.03.2022 р., Бюл. №13.
9. Патент України на корисну модель № 147562, Ходове колесо. МПК В66 С 9/08, опубл. 14.05.2021 р., Бюл. №20.

References

1. Otsinka rivnia dynamichnykh navantazhen metalevykh konstrukttsii kraniv mostovoho typu/ Boiko H.O. Naukovi visti Dalivskoho universytetu №13, 2017, (elektronne vydannia).
2. Mekhanizmy peresuvannia mostovykh kraniv: monohrafiia / Ye.D. Slepuzhnikov, N.M. Fidrovska, I.S. Varchenko. – Kharkiv: NUTsZU, 2019. – 124 s.
3. NPAOP 0.00-01-07. Pravyta budovy ta bezpechnoi ekspluatatsii vantazhopidiimalnykh kraniv. – K.: Osnova, 2007. – 264 s.
4. Lobov N.A. Dynamyka mostovykh kranov. .- M.: Mashynostroenye, 1987. -160 s.
5. Patent Ukrainy na korysnu model № 98454, Koleso kranove z pruzhnym kiltsem, roztashovany v obodi. MPK V60 V 9/00, opubl. .2015 r., Biul. №8.
6. Patent Ukrainy na korysnu model № 79946, Kranove khodove koleso z elastychnoiu kiltsevoiu vstavkoiu. MPK V60 V 9/00, opubl. 2013 r., Biul. №9.
7. Patent Ukrainy na vynakhid № 104240, Kranove khodove koleso z elastychnoiu kiltsevoiu vstavkoiu. MPK V60 V 9/00, opubl. 10.01.2014 r., Biul. №1.
8. Patent Ukrainy na vynakhid № 125484, Khodove koleso kрана. MPK V60 V 9/00, V66 S 9/08, opubl. 30.03.2022 r., Biul. №13.
9. Patent Ukrainy na korysnu model № 147562, Khodove koleso. MPK V66 S 9/08, opubl. 14.05.2021 r., Biul. №20.

The types and causes of defects of the running wheels of bridge cranes, their relationship with the nature of the movement of cranes are considered. The reasons for wear of flanges and rolling rims of crane wheels are analyzed. The reasons for the skewed movement of bridge cranes are given. The question of possibility of application on cranes of bridge type of elastic running wheels of cranes is considered. The analysis of the existing designs of elastic running wheels of bridge cranes is carried out. The advantages of elastic running wheels in comparison with standard running wheels of hoisting cranes are given. Emphasis is placed on the fact that the use of elastic running wheels reduces the level of vertical dynamic loads when moving cranes, especially when hitting the protrusions at the joints of crane tracks when the impact force of the wheel on the ledge significantly exceeds the static load of the running wheel. Innovative designs of elastic running wheels of bridge cranes, protected by Ukrainian patents for inventions and utility models, are presented. The main conceptual advantages of the proposed structures of elastic running wheels are the use of ring elastic inserts, which will significantly reduce the level of vertical dynamic loads on the metal structures of the crane bridge and crane girders, as well as improve working conditions on the crane. The proposed designs of elastic running wheels of bridge cranes have advantages over existing designs, namely: technologically advanced, with the possibility of replacing worn flanges and elastic inserts.

Key words: crane, running wheel, rail, vertical dynamic loads, elastic insert.

Бойко Г. О. – канд., техн. наук, доцент, професор кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Яровий М. В. – студент групи АТ-20 д кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.