

действующая на вал, воспринимается только фиксированной опорой. Плавающей обычно выполняется опора с меньшей радиальной нагрузкой. В фиксированной опоре внутреннее кольцо подшипника с одной стороны упирается в заплечик вала, а с другой зажимается гайкой, разрезным пружинным кольцом, втулкой и шайбой. Наружное кольцо с одной стороны упирается в заплечик корпуса или стакана, а с другой прижимается крышкой, разрезным пружинным кольцом и гайкой с наружной резьбой. При значительных осевых нагрузках на вал фиксированную опору составляют из двух радиально-упорных подшипников. В плавающей опоре внутреннее кольцо подшипника крепится так же, как в фиксированной опоре, а наружное кольцо может свободно перемещаться в осевом направлении в расточке корпуса или в стакане.

Данная схема позволяет обеспечить любое расстояние между опорами, компенсировать неточности изготовления деталей узла по длине и тепловое удлинение вала. Применяется обычно при значительных расстояниях между опорами.

2. Крепление подшипников враспор. Внутренние кольца обоих подшипников упираются в заплечики вала, а с другой стороны не крепятся. Наружные кольца располагаются в гладких (без

заплечиков) расточках корпуса и лишь с внешней стороны прижимаются крышкой или гайкой с наружной резьбой. Расстояние между опорами при этой схеме ограничено и обычно не превышает 6–8 диаметров опор. Во избежание заклинивания подшипников при нагреве и удлинении вала при монтаже должен быть предусмотрен соответствующий зазор.

Разновидностью данной схемы является конструкция, где внутренние кольца зажимаются с внешней стороны, а изнутри не крепятся. Наружные кольца упираются с внутренней стороны в заплечики стакана или корпуса, а снаружи не крепятся. Конструкция с регулировкой зазора по внутренним кольцам исключает опасность защемления тел качения даже при валах значительной длины. Каждая из опор при креплении подшипников враспор воспринимает осевую нагрузку только одного направления. По данной схеме устанавливаются все радиально-упорные подшипники, а также радиальные шариковые и роликовые с двумя буртами на наружном и одним на внутреннем кольцах.

Использованы материалы:  
<http://www.webrarium.ru/>



## ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 62.233.27

### НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ПІДКРАНОВИХ ШЛЯХІВ МОСТОВИХ КРАНІВ

**Павлова Ганна Олексіївна**, кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра інтегрованих технологій в машинобудуванні і зварювального виробництва,  
Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003  
Контактний тел.: 0508608535, (057) 733-78-28. E-mail: pavlova\_aa@mail.ru

**Чернишенко Олександр В'ячеславович**  
Старший викладач, кафедра металоріжучого устаткування і транспортних систем,  
Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна  
Контактний тел.: (057) 733-78-18

**Лагода Анна Миколаївна**  
Асистент, кафедра інтегрованих технологій в машинобудуванні і зварювального виробництва,  
Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003  
Контактний тел.: 0508608535, (057) 733-78-28

*Запропонований спосіб та розроблена методика контролю правильності розташування рейкових шляхів мостових кранів за допомогою пристрою з використанням лазерного променя, який дозволяє визначати відхилення рейкового шляху від номінального, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині.*

*Ключові слова: підкрановий шлях, мостовий кран, контроль.*

*Предложен способ и разработана методика контроля правильности расположения рельсовых путей мостовых кранов с помощью устройства с использованием лазерного луча, которое позволяет определять отклонение рельсового пути от номинального.*

*Ключевые слова: подкрановый путь, мостовой кран, контроль.*

*The method of control of rightness of location of clotype ways of travelling cranes is offered by a device with the use of laser ray, which allows to determine deviation of clotype way from nominal.*

*Keywords: under travelling crane the way, travelling crane, control.*

## 1. Вступ

Правильне розташування підкранових колій є одним з найважливіших факторів, що впливають на зношування основних частин і механізмів мостового крана. Незважаючи на те, що конструкції мостових кранів удосконалювалися багато років, у цей час мають місце численні передчасні відмови кранової системи (кран – підкранова колія). Вібраційні навантаження, що виникають через неправильне розташування рейок, викликають вихід з ладу мостового крана значно раніше призначеного строку й згубно впливають на саму будівлю, викликаючи тріщини. Як показали численні дослідження, на розрахунок і підбір виду перетинів елементів колон, балок, ферм й ін., і навіть не загальне компонування вирішують найчастіше експлуатаційні якості промислового спорудження [1]. Вирішальними є кранові шляхи, якість їхнього рихтування, типи кріплень й якість їхнього монтажу. Тому, тому що вібраційні навантаження, які викликані неточністю прокладки рейок, сприяють нагромадженню ушкоджень у складових частинах крана й самої будівлі, появі тріщин і руйнуванню, проблема вивірки рейкового шляху досить актуальні.

Для напрямку руху кранів і візків застосовують сталеві рейки й напрямні. Для коліс із циліндричним обідом застосовують рейки з опуклими й плоскими головками. Горизонтальні ролики взаємодіють або з бічними поверхнями головок рейок, або з додатковими плоскими й опуклими напрямними, що закріплюють на підкранових балках. Кранові рейки закріплюють до підкранових балок будівельної конструкції, які виготовляють із профільного сталевого прокату, а рейки візків – безпосередньо до металоконструкції моста крана. Значно зменшує зношування ходових коліс виконання стиків рейок звареними, з розташуванням стиків у шаховому порядку зі зсувом не менш 3 м. При цьому ударні навантаження знижуються приблизно в 2 рази. Для усунення дефектів підкранових балок доцільне укладання під рейку змінного сталевого листка, а для підвищення довговічності кранів, що працюють у режимі Т, і їхніх рейок – застосування еластичних підкладок з неопрена. Такі підкладки не тільки знижують ударні навантажен-

ня (при товщині прокладок 8 мм – до 30 %), але й зменшують ступінь концентрації вертикального навантаження, переданої з пояса на вертикальну стінку підкранової балки. Закріплення рейок повинне виключити можливість їх поздовжнього й бічного зсуву при роботі крана. При закріпленні рейок за допомогою зварювання повинна виключатися можливість їхньої деформації.

## 2. Залежність зносу складових частин крана від якості прокладення підкранового шляху

При пересуванні крану по рейковому шляху виникає ряд динамічних процесів, що істотно впливають на працездатність як власне крану, так і підкранового рейкового шляху і будівельної частини будівлі, в якій працює кран. Вібраційні навантаження, що спричиняються неточністю прокладки рейок, сприяють накопиченню ушкоджень в складових частинах крана і самої будівлі, появі тріщин і руйнуванню.

До таких процесів, зокрема, відносяться: пружні коливання елементів трансмісії механізмів пересування металоконструкції крана, що виникають при його русі по рейках кранів; поперечні (відносно рейкового шляху) і обертальні рухи крана в горизонтальній площині в межах зазорів між ребрами коліс і рейками; ударне навантаження елементів ходової частини крану, його металоконструкції, підкранових балок, а в деяких випадках і механізмів пересування крану, при проході колесами кранів рейкових стиків і нерівностей рейкового шляху.

Не дивлячись на те, що конструкції мостових кранів удосконалювалися багато років, на даний час мають місце численні передчасні відмови кранової системи (кран – підкрановий шлях).

До найбільш характерних причин і наслідків ранніх відмов відносяться: малий термін служби коліс кранів і підкранових рейок, втомні руйнування кінцевих балок, руйнування тихохідних валів механізмів пересування з навісними редукторами, розхитування і зношування колії рейкового шляху, схід коліс з рейок, поломка направляючих роликів в кранах з безребордними ходовими колесами і деякі інші.

Вибракування коліс кранів відбувається в основному внаслідок підвищеного зносу їх реборд. Нерідкі випадки, коли колеса кранів служать 1–4 місяці при регламентованому терміні 5–12 років, а термін служби підкранових рейок знижується до 50...40 % від регламентованого.

Ударні навантаження, що виникають при проходженні ходовими колесами нерівностей підкранового шляху (стиків, відхилень від паралельності і ін.) мають істотне значення для кранів, що переміщуються зі значною швидкістю. Передусім це відноситься до мостових кранів із жорсткою безресорною ходовою частиною.

Згідно дослідженням Бененсона І. І., Концевого Є. М. [2], найбільше число пошкоджень металоконструкцій мостових кранів характерне для кінцевих балок, особливо в місцях кріплення ходових коліс і їх сполучення з головними балками. Однією з причин появи втомних тріщин у вказаних місцях є високий рівень ударних навантажень, що діють на колеса кранів і, отже, на кінцеві балки при проходженні краном нерівностей рейкового шляху.

Правильне розташування підкранових шляхів є одним з найважливіших чинників, що впливають на знос основних частин і механізмів мостового крану. Вібраційні навантаження, що викликаються неправильним розташуванням рейок, спричиняють вихід із строю мостового крану значно раніше призначеного терміну і згубно впливають на саму будівлю, спричиняючи тріщини. Доречно привести цитату з роботи Г. А. Шапіро, присвячену аналізу роботи сталевих конструкцій промислових цехів: «Як показали численні дослідження, на розрахунок і підбір перетинів елементів колон, балок, ферм та ін., і часто навіть не загальне компонування вирішує експлуатаційні якості промислової споруди. Вирішальними є шляхи кранів, якість їх рихтування, типи кріплень і якість їх монтажу» [1].

Значно зменшує знос ходових коліс виконання стиків рейок зварними, з розташуванням стиків в шаховому порядку зі зсувом не менше 3 м. При цьому ударні навантаження знижуються приблизно в 2 рази. Для усунення дефектів підкранових балок доцільне укладання під рейку змінного сталевго листа, а для підвищення довговічності кранів, що працюють в режимі Т, і їх рейок — застосування еластичних підкладок з неопрену. Такі підкладки не лише знижують ударні навантаження (при товщині прокладок 8 мм — до 30 %), але і зменшують ступінь концентрації вертикального навантаження, передаваного з поясу на вертикальну стінку підкранової балки. Закріплення рейок повинне унеможливити їх подовжнього і бокового зсуву при роботі крану. При закріпленні рейок за допомогою зварювання повинна унеможлилюватися їх деформація.

### 3. Показники якості прокладання колії крану

Для забезпечення нормальних умов експлуатації кранів і підкранових конструкцій необхідно здійснювати монтаж підкранових шляхів так, щоб їх рейки були прямолінійні, паралельні між собою, лежали в одній горизонтальній площині на відстані, одна від одної, рівній ширині колії крану.

Однак, в процесі експлуатації підйомно-транспортного обладнання, геометричні параметри підкранових шляхів в прольоті і по опорах можуть мінятися. Тому вантажопідйомні машини повинні піддаватися періодичному технічному огляду.

Правилами устрою і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів встановлені граничні значення допустимих відхилень геометричних параметрів підкранових шляхів від проектних, що не викликають істотних порушень умов роботи кранів і що мало впливають на траєкторію їх руху (35). Такими допусками, що визначають максимальну величину змін відповідних параметрів шляхів в процесі їх експлуатації, є наступні:

- ➔ різниця відміток голівок підкранових рейок в одному поперечному перетині до 40 мм, на сусідніх колонах до 10 мм;
- ➔ звуження або розширення колії рейкового шляху до 15 мм;
- ➔ взаємний зсув торців рейок в плані і по висоті до 2 мм.

Виміри перерахованих відхилень повинні виконуватися через інтервал не більше 5 м.

Зважаючи на вище перераховане можна зробити висновок, що піддавати періодичному контролю потрібно: планово-висотне положення рейок, їх паралельність і ширину колії підкранового шляху.

Всі вище перелічені методи мають свої достоїнства і недоліки. Так, наприклад, точність багатьох способів визначення непрямолінійності рейок істотно залежить від зовнішніх чинників, таких як коливання струни, вібрація несучих конструкцій і так далі.

При реалізації ряду механічних способів вимірювання ширини колії на точність визначення геометричних параметрів впливає розворот моста крану щодо подовжньої осі шляху.

При нівеляції найбільший вплив мають помилки за недотримання головної умови нівеліра (нерівність кута і нулю) і зміну цієї умови під дією перефокусування зорової труби.

В деяких випадках громіздка апаратура і складність її налаштування вимагає високої кваліфікації робочого персоналу. Та і вартість цієї апаратури не завжди здатна задовольнити замовника.

Крім того, більшість методів та пристроїв не дозволяють контролювати положення підкранових рейок в просторі відносно вертикальної та горизонтальної площин одночасно. А ті методи

та пристрої, що дозволяють одночасну вивірку рейок відносно обох площин несуть за собою великі економічні витрати.

#### 4. Пристрій для вивіряння рейок мостового крана

Для забезпечення нормальних умов експлуатації кранів і підкранових конструкцій необхідно здійснювати монтаж підкранових шляхів так, щоб їх рейки були прямолінійні, паралельні між собою, лежали в одній горизонтальній площині на відстані один від одного рівному ширині колії крана.

Однак в процесі експлуатації підйомно-транспортного обладнання геометричні параметри підкранових в прольоті і по опорах можуть мінятися. Це відбувається внаслідок впливу різних факторів, таких як знос рейок, ослаблення кріпильних вузлів, нерівномірне осідання колон, неправильна траєкторія руху мостового крана і цілого ряду інших. Тому вантажопідйомні машини повинні піддаватися періодичному технічному огляду: частковому (не рідше за один раз на рік) або повному (не рідше за один раз на три роки, а для рідко використовуваних кранів – не рідше за один раз в п'ять років).

При технічному огляді повинно бути перевірено також стан колії крана і його відповідність вимогам, що діють.

Правилами устрою і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів встановлені граничні значення допустимих відхилень геометричних параметрів підкранових шляхів від проектних, які не викликають істотних порушень умов роботи кранів і мало впливають на траєкторію їх руху.

Запропонований нами пристрій призначений для проведення контролю планово-висотного положення підкранового шляху мостових кранів. Цей контроль полягає у виробництві спеціальних геодезичних вимірювань, які доводиться виконувати в специфічних умовах, властивих цехам, що діють.

Даним пристроєм контролюватимуться такі геометричні параметри: прямолінійність, паралельність, ширина між рейками і висотне положення підкранового шляху.

У основу розробленого нами пристрою (рис. 1, а) був покладений принцип маятника, що самовирівнюється. Майданчик для установки лазерного елемента належить внутрішньому стакану пристрою, який самовирівнюється відносно горизонталі і вертикалі, що дозволяє вивіряти підкрановий шлях в двох площинах.

На рис. 2 зображені перетини даного пристрою, складові елементи якого ми розглядатимемо далі.

Лазерний елемент 6 встановлюється на спеціально пристосованій майданчик, розташований на внутрішньому стакані 4. Шпильки 7 вкручу-

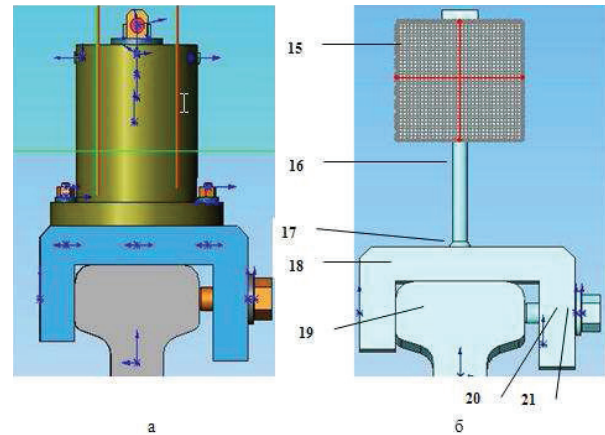


Рис. 1. Мішень і пристосування для вивірки рейок мостового крана

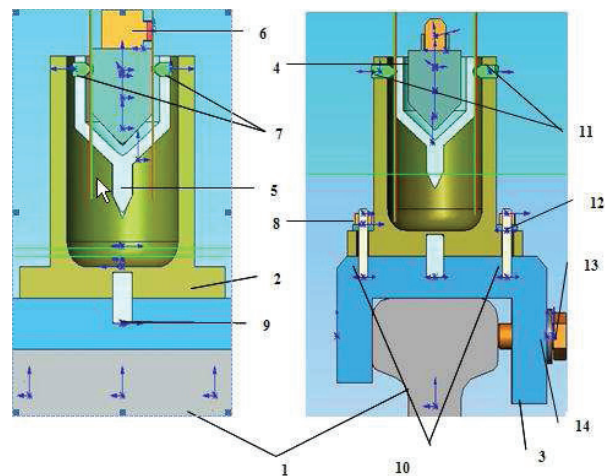


Рис. 2. Вид пристосування в розрізі

ються у відповідні різьбові отвори зовнішнього стакану 5 для того, щоб утримувати внутрішній стакан, залишаючи йому міру свободи для самовирівнювання (для цього шпильки 7 мають конусоподібну форму). Далі, шпильки 11 вкручуються у відповідні різьбові отвори корпусу 2 для утримання зовнішнього стакану. Шпильки 11 також мають конусоподібну форму для того, щоб залишити міру свободи зовнішньому стакану.

Для швидшого самовирівнювання і внутрішній і зовнішній стакани мають конусоподібну форму, а внутрішній стакан має бути зроблений цільним.

Шпилька 9 має циліндрову форму і на тій половині, яка вкручується в струбцину 3, – нарізано різьблення. Шпилька 9 служить для центрування корпусу відносно рейкової головки 1. Також для налаштування пристрою на корпусі існують крізні канавки, які дозволяють йому повертатися навколо своєї осі.

Корпус 2 кріпиться до струбцини 3 за допомогою циліндрових шпилек 10, на які накручуються гайки 8 з шайбами 12. Струбцина, у свою чергу, фіксується на голівці рейки 1 за допомогою шайб 14 і болтів 13.

Мішень (рис. 1,б) складається з металевої пластинки 15 з квадратною розміткою  $1 \times 1$  мм, яка прикріплена до циліндра 16. Для вирівнювання мішені відносно горизонтальної площини над пластинкою прикріплений бульбашковий рівень 14, який показує відхилення паралельності. Налаштування положення мішені проводиться шляхом регулювання циліндра 16, з'єданого із струбиною 18 шарнірною опорою 17. Струбина фіксується на рейці за допомогою болта 21 і шайби 20.

### 5. Методика проведення вивірення підкранового шляху

До того як встановити пристрій на підкрановому шляху слід виміряти місце розташування ділянок початку і кінця рейки. Ділянки можна брати не більше 300 мм. Точки, що належать цим двом ділянкам повинні знаходитися в одній і тій же горизонтальній і вертикальній площинах. Якщо початок і кінець рейки займають різне положення в плані і по висоті, то слід негайно провести їх рихтування.

Після упорядкування початкової і кінцевої ділянки рейкового шляху слід встановити зібраний пристрій спочатку рейки, і мішень в протилежному його кінці.

Після установки пристосування і мішені слід спрямовувати промінь лазера так, щоб він збігся з центром мішені. Цього можна добитися шляхом повернення корпусу пристрою навколо своєї осі. При збігу плями лазера і центру мішені слід зафіксувати положення корпусу гайками.

Після цього потрібно переміщати мішень у бік лазера і фіксувати відхилення положення рейки від потрібного планово-висотного положення. Показання з мішені потрібно знімати не більше ніж через кожних 5 м. Оскільки мітки на розмітці розташовані один від одного на фіксованій відстані, то і пляма лазера, що не потрапила в центр мішені вказуватиме відхилення рейки від необхідного положення. Рихтування рейкового шляху потрібно проводити одночасно з контролем.

Після вивірення першої рейки слід виміряти ширину колії спочатку підкранового шляху і в його кінці. Ширина колії має бути рівна паспортній. І потрібно проконтролювати, щоб точки початків і кінців обох рейок лежали в одній вертикальній площині. Потім можна приступати до вивірення другої рейки.

Після рихтування підкранового шляху, якщо це потрібно, можна приступати до експлуатації мостового крану.

Правильне розташування підкранових є одним з найважливіших чинників, що впливають на знос основних частин і механізмів мостового крану. Вібраційні навантаження, що спричиняються неправильним розташуванням рейок, викликають

вихід із строю мостового крану значно раніше призначеного терміну і згубно впливають на саму будівлю, викликаючи тріщини.

До динамічних процесів, що відбуваються під час руху крану і що спричиняють негативні наслідки відносяться: пружні коливання елементів трансмісії механізмів пересування металокопункції крану, що виникають при його русі по підкранових рейках; поперечні (відносно рейкового шляху) і обертальні рухи крана в горизонтальній площині в межах зазорів між ребордами коліс і рейками; ударне навантаження елементів ходової частини крану, його металокопункцій, підкранових балок, а в деяких випадках і механізмів пересування крану, при проході колесами кранів рейкових стиків і нерівностей рейкової колії.

Не дивлячись на те, що конструкції мостових кранів удосконалювалися багато років, в даний час мають місце багаточисельні передчасні відмови системи крану (кран — підкрановий шлях).

Для перевірки відповідності геометрії підкранових шляхів вимогам, передбачений систематичний геодезичний контроль планово-висотного положення рейок.

Умови, в яких проводиться вивірення рейкового шляху, характеризуються насиченістю виробничих приміщень технологічним обладнанням, поганою освітленістю, вібрацією механізмів, високою температурою, наявністю конвекційних потоків повітря, розташуванням на висоті, наявністю струменепроводів поблизу рейок і ін.

Багаторічний досвід геодезичного контролю підкранових шляхів промислових підприємств дозволяє рекомендувати найбільш оптимальний технологічний процес зйомки, що включає три основні моменти: визначення непрямолінійності однієї з підкранових рейок; вимірювання ширини колії підкранового шляху; нівеляція рейок [3].

Пропонований нами пристрій дозволяє вивіряти рейки в двох площинах — горизонтальній і вертикальній, що виключає нівеляцію в технологічному процесі, що розглядався вище, а це, у свою чергу, зменшує час контролю геометричних параметрів рейкового шляху, що спричиняє за собою зменшення витрат на виплату заробітної плати.

Основними факторами, що вплинули на вибір пропонованої нами методики контролю підкранового шляху і пропонованого пристрою, є: доступність рейок для безпосередніх вимірювань; можливість вільного переміщення робочого персоналу по підкранових рейках; компактність пристрою, простота його зборки і використання, можливість проводити вимірювання одночасно в горизонтальній і вертикальній площинах; методика контролю не вимагає високої кваліфікації персоналу і скорочує час контролю в порівнянні з існуючими методами.

**6. Висновки та перспективи подальших досліджень**

Запропонований новий спосіб контролю правильності розташування рейкових шляхів мостових кранів за допомогою пристрою, який дозволяє визначати відхилення рейкового шляху від номі-

нального, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині. Розроблений пристрій та методика контролю, що дозволять створити нормативне забезпечення контролю підкранових шляхів, що в свою чергу, дасть можливість забезпечення стабільності роботи мостових кранів.

**Література**

1. Шапиро Г. А. Действительная работа стальных конструкций промышленных цехов. [Текст] / Г. А. Шапиро. — М. : ГИЛСА, 1952. — 123 с.
2. Бененсон И. И. Пошкодження металоконструкцій мостів кранів в експлуатації і методи їх усунення [Текст] / И. И. Бененсон, С. М. Концевой // Тр. ВНИИТМАШ. — 1974. — Вип. 1(74). — С. 36–87.
3. Шеховцев Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов [Текст] : монография / Г. А. Шеховцев. — Н. Новгород : Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 1999. — 164 с. Kochevoy I. Cybernetic Methods of Drug Design I. Statement of the Problem. Res., 3, 654 (1998).