

ВПЛИВ РОЗГОЙДУВАННЯ ВАНТАЖУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ КРАНІВ ІЗ ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ СТІЛОВОЮ СИСТЕМОЮ

В'ячеслав Ловеїкін¹, Дмитро Паламарчук², Валерія Іщук²

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України

² Київський національний університет будівництва і архітектури, 03680, Повітофлотський пр-кт 31, Київ, Україна, e-mail: palamarchuk@ukr.net

IMPACT ON EFFECTIVENESS OSCILLATION OF THE LOAD TAPS HINGE-JOINTED JIB SYSTEM

Vyacheslav Loveykin, Dmitriy Palamarchuk, Valeriya Ischuk

¹ National University of Life Environmental Sciences of Ukraine, Heroyiv Oborony st., 11, Kyiv, Ukraine

² Kyiv National University of Construction and Architecture, 03680, Povitoflotsky Prospect 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. В статті розглянуто фактори негативного впливу розгойдування вантажу на ефективність кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою. Детально описані наслідки цього впливу як на конструкцію самої стрілової системи, так і на зменшення продуктивності перевантажувальних робіт. Крім того, наведено шляхи зменшення динамічних навантажень на ланки стрілової системи.

Ключові слова: коливання, виліт, стрілова система, ефективність, кран.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрены факторы отрицательного влияния раскачивания груза на эффективность кранов с шарнирно-сочлененной стреловой системой. Подробно описаны последствия этого влияния как на конструкцию стреловой системы, так и на уменьшение производительности перегрузочных работ. Кроме этого, приведены пути уменьшения динамических нагрузок на звенья стреловой системы.

Ключевые слова: колебания, вылет, стреловая система, эффективность, кран.

SUMMARY. Purpose. Analysis of the impact oscillation of the load on efficiency taps hinge-jointed jib system. **Methodology/approach.** The factors impact oscillation of the load the efficiency of the crane jib hinged-rigid system. **Findings.** The result is justified by reducing the dynamic loads in hinge-jointed jib crane system. **Research limitations/implications.** Most appropriate and effective way, we can significantly reduce that di dynamically load jib system is - minimizing the buildup of cargo in its horizontal movement and maintenance of the necessary high-speed characteristics of motion-contrast performance of the jib system. **Originality/value.** This paper analyzes the research scholars towards improving the efficiency of the crane jib hinged-rigid system.

Key words: oscillations, boom, boom system, efficiency, crane.

Вступ

Відхилення вантажного каната від вертикалі, що виникають під час роботи механізму зміни вильоту стрілової системи, можуть досягати 10...12° [1], і це стає причиною значного зниження ефективності крана. Величина відхилення вантажного каната від вертикалі залежить від таких факторів: маси вантажу, швидкості його горизонтального переміщення, тривалості включення електродвигуна механізму, положення центра мас вантажу відносно точки підвісу, вітрових навантажень, тощо [1-6].

Розгойдування негативно впливають на більшість показників ефективності шарнірно-зчленованої стрілової системи (рис. 1).

Виклад основного матеріалу

Під час наведення гакової підвіски або грейфера на вантаж та при позиціонуванні самого вантажу, дуже багато часу витрачається на затухання коливань [1]. При цьому значно погіршується керованість крана, а зокрема, механізму зміни вильоту, і це змушує кранівника-оператора перебувати

весь час роботи у напрузі, що негативно відображається на умовах його праці.

Крім того, розгойдування вантажу несуть у собі підвищену небезпеку для стропальників та обслуговуючого персоналу крана, вимагаючи додаткових зусиль та навичок при навішуванні вантажу або ж при його спрямуванні для більш точного позиціонування [3, 5, 7, 8].

Відхилення вантажного каната від вертикалі, значно погіршують маневрові характеристики стрілової системи, і крана в цілому. Це стає причиною виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з пошкодженням трюмів суден, вагонів та самого вантажу [6, 8]. Однак, найбільшої шкоди від розгойдування вантажу на канатному підвісі, зазнає сама стрілова система крана. Це пов'язано зі значним збільшенням динамічних навантажень на ланки шарнірно-зчленованої стрілової системи, і взагалі на конструкцію крана [1, 9-11]. Вплив динамічних навантажень на елементи крана, можна розділити на три групи (рис. 1).

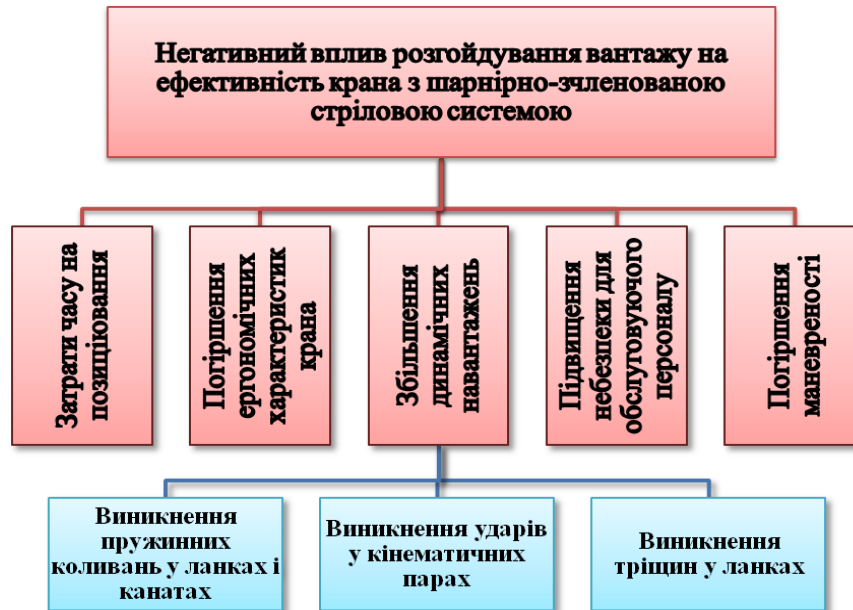


Рис. 1. Фактори негативного впливу розгойдування вантажу на ефективність кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою

Fig. 1. Factors impact oscillation of the load the efficiency of the crane jib hinged-rigid system

Внутрішні пружні коливання виникають у ланках стрілової системи та канатах завдяки пружним характеристикам сталі, з якої вони виготовлені. Повздовжні внутрішні пружні зусилля найчастіше виникають і проявляються у ланках, що мають однаковий переріз по всій довжині – відтяжці, зубчастій рейці механізму зміни вильоту, тягах механізму врівноваження, тощо [12–15]. Такі зусилля дуже часто стають причиною виникнення поперечних тріщин у вказаних ланках стрілової системи [5, 10, 11, 16]. Внутрішні пружні коливання у канатах механізму підйому часто призводять до їхнього обриву [17], що стає причиною виникнення аварійних ситуацій, здебільшого з важкими наслідками. У ланках складного перерізу, наприклад у стрілі та хоботі, виникають власні коливання складних форм [18, 19], які теж негативно впливають на конструкцію крана.

Розгойдування вантажу на гнучкому підвісі найбільш шкідливо впливають на елементи кінематичних пар шарнірно-зчленованої стрілової системи крана [20]. Динамічні та статичні зусилля, що виникають під час зміни вильоту стрілової системи, призводять до виникнення ударів у шарнірних з'єднаннях ланок та до значного збільшення навантажень на їхні опорні

підшипники. При цьому найбільших навантажень зазнають елементи наступних кінематичних пар: «корінь стріли – колона (поворотна платформа)», «жорстка відтяжка – колона (поворотна платформа)», «тяга коромисла противаги – коромисло» та «стріла – тяга коромисла» [21], це пов'язано з тим, що ці кінематичні пари навантажені як статичними, так і динамічними зусиллями. Крім того, на пальці або ж з'єднувальні елементи цих кінематичних пар діють скручувальні навантаження. Тривала дія статичних, динамічних та скручувальних навантажень призводить до втомлюваного зношування пальців шарнірів, а в подальшому і до їхнього руйнування [22].

На рис. 2 зображено тягу коромисла противаги із зруйнованими щоками шарніра «тяга коромисла – стріла» [21]. Причиною руйнування цього шарніра – тривала дія динамічних знакозмінних навантажень, що виникають в результаті розгойдування вантажу [21, 23].

На рис. 3 показаний шарнір «корінь стріли – колона» в аварійному стані [21]. Причиною цього є розфіксація та прокручування пальця шарніра 2 під дією статичних та динамічних навантажень, що діють на корінний шарнір стріли [21, 24, 25].



Рис. 2. Зруйнований шарнір «тяги коромисла–стріла»
Fig. 2. Ruined hinge «Rod rocker-boom»

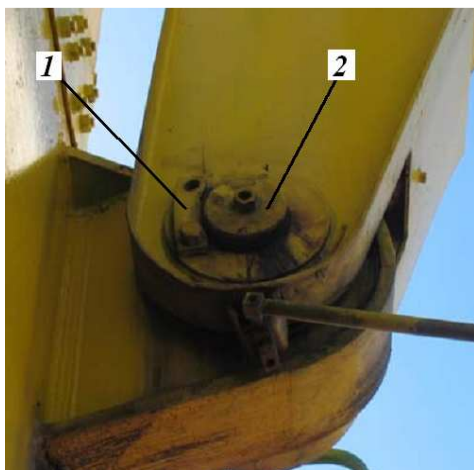


Рис. 3. Корінний шарнір стріли в аварійному стані: 1 – ригельна планка; 2 – палець
Fig. 3. The root socket joint boom in disrepair: 1 - transom cleat; 2 - finger

Найбільш навантаженою кінематичною парою портових порталних кранів є упорно-радіальний підшипник поворотної колони. Цей вузол сприймає значні навантаження від сил тяжіння всіх елементів поворотної частини крана, динамічні навантаження від розгойдування вантажу та внутрішніх коливань ланок стрілової системи, а також динамічні зусилля від вітрового навантаження [26, 27]. Крім того, упорно-радіальний підшипник поворотної колони крана піддається ще й значному абразивному зношуванню від попадання абразивних частинок, що призводить до його повного руйнування або ж викришування його поверхонь (рис. 4) [21].

Крім збільшення пружних коливань у



Рис. 4. Викришений упорно-радіальний підшипник

Fig. 4. The destroyed stubborn radial bearing

ланках та руйнування кінематичних пар ланок, динамічні навантаження спричиняють ще й виникнення тріщин у листових елементах та зварних швах самих ланок [28, 29]. Найчастіше тріщини утворюються у місцях приварювання провусин шарнірів до листового металу самої ланки, наприклад, стріли, відтяжки, тяги механізму врівноваження, тощо. Здебільшого, тріщини виникають саме у зварних швах, а потім поширюються і на основний метал ланки, при цьому довжина тріщини може сягати 500 мм [22]. Часто тріщини утворюються у місцях стикового зварювання двох листів різної товщини, у місцях підсилення ланок за допомогою кутиків та пластин (рис. 5), а також у місцях різкої зміни перерізу або ж скруглення ланки [30].

Ще одним вузлом, на якому негативно відображається розгойдування вантажу, є рейковий механізм зміни вильоту. Зокрема, дуже навантаженою як статичними, так і динамічними зусиллями є зубчаста рейка та її привідна шестерня [15]. Це пов'язано з тим, що за допомогою зубчастого зачеплення «шестерня - рейка» приводиться в рух стрілова система при зміні вильоту.

В результаті цього вона навантажена як зовнішніми зусиллями від стрілової системи, так і рушійним зусиллям від привідного механізму [15].

Відкрите зубчасте зачеплення «шестерня – рейка», здебільшого, розраховується на витривалість при згині, та проводиться перевірка зубів шестерні на міцність при дії короткочасного максимального навантаження. Однак, при збільшенні динамічних навантажень на саму стрілову систему, відбувається збільшення тривалості дії максимального навантаження на зубчасте зачеплення. Це призводить до поломки зубів шестерні та передчасного виходу з ладу всього механізму зміни вильоту [20-30].



Рис. 5. Руйнування оголовка стріли
Fig. 5. The destruction of head boom

Вказані поломки вузлів шарнірно-зчленованої стрілової системи крана дуже поширені і значно скорочують міжремонтний ресурс крана [21–26], особливо це стосується кранів, що відпрацювали свій паспортний ресурс [5, 8]. Такі поломки крана дуже трудомісткі при ремонті і, здебільшо-

го, потребують демонтажу всієї стрілової системи або її елементів, що робить ремонт дуже тривалим і економічно дорогим.

Тому, для зменшення динамічних навантажень, а відповідно і для збільшення міжремонтного циклу крана, потрібно мінімізувати ті причини або ж явища, що викликають збільшення динамічних навантажень при роботі стрілової системи (рис. 6).

Під мінімізацією швидкісних характеристик розуміють зменшення прискорення та ривка стрілової системи під час зміни вильоту, а, особливо, під час перехідних процесів. Одним зі шляхів зменшення динамічних навантажень є – збільшення тривалості процесів пуску або ж гальмування. Однак, застосування такого способу веде до збільшення тривалості робочого циклу крана, що суттєво знижує продуктивність перевантажувальних робіт. Особливо, це стосується випадків, коли потрібно переміщувати вантаж на відстань, яка значно менша довжини вильоту стрілової системи, тому що в цьому випадку весь цикл руху стрілової системи складається з процесів пуску та гальмування [15].

Сили інерції, що діють на ланки стрілової системи, крім прискорення центра мас, залежать ще й від маси самої ланки. Раніше порталні крани випускалися із стріловими системами фермової конструкції. Однак, значні зусилля в оголовку стріли і в хоботі, а також часте виникнення тріщин у зварних



Рис. 6. Шляхи зменшення динамічних навантажень у шарнірно-зчленованій стріловій системі крана
Fig. 6. Is ways to reduce dynamic loads in hinge jointed boom crane system

швах ферм, зумовили перехід до стрілових систем із суцільними ланками коробкової конструкції. Це зумовило значне збільшення маси ланок. Тому, для зменшення сили та моменту інерції, що діє на ланки, стрілу і хобот проектують таким чином, щоб центр мас кожної з ланок співпадав або був розміщений на невеликій відстані від точки обертання ланки [1-3]. Крім того, для зменшення маси стрілової системи, в деяких кранах застосовують стрілу та хобот виготовлені із низьколегованих сталей або міцних алюмінієвих сплавів [10-13].

Для запобігання ударів у кінематичних парах ланок проводять вдосконалення конструкцій шарнірів із підшипниками ковзання таким чином, щоб забезпечити відсутність зазорів та люфтів у цих вузлах. Зокрема пропонується використовувати шарніри типу «сайлент-блок», конструкція яких, дозволяє поглинати динамічні удари [21]. Для покращення роботи шарнірів у деяких сучасних кранах використовуються системи примусового змащування шарнірів під тиском. Для запобігання ударам у механізмі зміни вильоту застосовують зубчасті рейки із демпферними елементами.

Для зменшення пружних характеристик ланок використовують сталі зі зменшеним коефіцієнтом пружності. Для зменшення коливань у відтяжці, вантажний канат проводять паралельно до неї, що дозволяє запобігти її розтягуванню. Повністю мінімізувати коливання складних форм, що виникають у стрілі, неможливо в зв'язку із фізичними процесами, що призводять до їх виникнення, тому при суттєвих внутрішніх коливаннях пропонується змінити конфігурацію розташування провусин шарнірів і перемичок стріли та хобота [29, 30].

Висновки

Аналізуючи шляхи зменшення динамічних навантажень у стріловій системі крана визначено, що більшість з них ґрунтується на зміні конструкції стрілової системи або ж її основних вузлів. Тому, найбільш прийнятними і дієвими способами, що дозволяють суттєво зменшити динамічні навантаження в стріловій системі є – мінімізація розгойдування вантажу при його горизонтальному переміщенні та забезпечення не-

обхідних швидкісних характеристик руху самої стрілової системи.

Література

1. Григорьев Н.И. Отклонение груза при работе порталных кранов / Н.И. Григорьев, С.И. Медведин // Речной транспорт. – 1961. – №5. – С. 16-17.
2. Ловейкин В.С. Динамический анализ стреловых систем кранов с горизонтальным перемещением груза при изменении вылета: дис. кандидата тех. наук: 05.05.05/ Ловейкин В.С. – К., 1982. – 268 с.
3. Дворников В.И. Моделирование динамических процессов в кранах с подвижной кареткой подъема груза / В.И. Дворников, В.А. Геммерлинг // Наукові праці ДНТУ. Серія «Гірничо-електромеханічна». – 2004. – №83. – С. 71-81.
4. Зосимов Е.А. Об особенностях эксплуатации порталных кранов / Е.А. Зосимов // Безопасность труда в промышленности. – 2009. – №1.- С. 31-32.
5. Розовский Н.Я. Обеспечение безопасной эксплуатации порталных кранов, отработавших нормативный срок службы / Н.Я. Розовский // Тяжелое машиностроение. – 2006. – №1.- С. 28-30.
6. Терехов А.М. Устройство для успокоения раскачивания груза на портовых порталных кранах: дис. кандидата тех. наук : 05.22.19 / Терехов Андрей Михайлович. – М., 2003. – 155 с.
7. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду №132: НПАОП 0.00–1.01–07 – К. Держспоживстандарт України, 2007. – 155 с.
8. Розовский Н.Я. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации портовых грузоподъемных кранов / Н.Я. Розовский, А.А. Милков // Техника 100 процентов. Оборудование для портов. – 2006. – №1.- С. 70-73.
9. Мишичев А.И. Экспериментально-расчетный анализ динамики порталного крана / А.И. Мишичев, А.И. Сапожников // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2006. – №11-12.- С. 95-100.
10. Андрианов Е.Н. Эксплуатационные нагрузки порталных перегрузочных кранов / Е.Н. Андрианов // Журнал университета водных коммуникаций. – 2009. – №4. – С. 9-16.
11. Бортяков Д.Е. Моделирование эксплуатационной нагруженности элементов порталных кранов / Д.Е. Бортяков, А.В. Некрасова,

- С.А. Соколов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2008. – №60. – С. 203-211.
12. *Ким Е.Т.* Нагрузки на элементы системы изменения вылета порталных кранов / Е.Т. Ким, А.Н. Орлов // XXX Юбилейная Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. IV. – 2002. – С. 60-61.
 13. *Ким Ен Чер Те Гынович* Динамические нагрузки порталных кранов при работе механизма изменения вылета и сейсмических воздействиях : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / Ким Ен Чер Те Гынович. – Санкт-Петербург, 2004. – 18 с.
 14. *Подоляк О.С.* Дослідження динамічних навантажень елементів стрілової системи самохідних кранів за допомогою фізичної моделі / О.С. Подоляк, Л.А. Родіонов // Науковий вісник будівництва. – 2009. – №56. – С. 58-62.
 15. *Ловейкин В.С.* Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин – К. : УМК ВО, 1990. – 168 с.
 16. *Оценка* надежности металлоконструкций порталных кранов / В.С. Котельников, В.Г. Жуков, О.В. Леонова [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – №3. – С. 24-27.
 17. *Стукаленко А.М.* Исследование динамических процессов, происходящих в козловом кране при обрыве каната // Труды Одесского политехнического университета. – 1999. – №2 (8). – С. 69-72.
 18. ANSYS в задачах инженерной механики / [А.Ф. Дашенко, Д.В. Лазарева, Г.А. Оборский, Н.Г. Сурьянинов] / Под редакцией Н.Г. Сурьянинова. – Одесса: Стандартъ, 2006. 484 с.
 19. *Подоляк О.С.* Математична модель процесу гасіння коливань металоконострукції стрілових систем кранів / О.С. Подоляк, Л.А. Родіонов, А.О. Павлова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Машинознавство та САПР. – 2009. – №28. – С. 88-91.
 20. *Михеев В.А.* Специальные краны / В.А. Михеев, В.Т. Власов. – Мариуполь: ПГТУ, 2004. – 424 с.
 21. *Рещенко И. А.* Исследование причин аварийного разрушения шарнирных соединений стреловых систем и опорных узлов порталных кранов / И.А. Рещенко, Ю.В. Фуртатов // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2010. – №3. – С. 51-58.
 22. *Дашенко А.Ф.* Оценка работоспособности металлоконструкций порталных кранов / А.Ф. Дашенко, А.О. Немчук // Труды Одесского политехнического университета. – 2006. – №2(26). – С. 8-11.
 23. *Нестеров Е.А.* Метод локальной разгрузки шарнирных соединений «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» стреловых систем порталных кранов / Е.А. Нестеров // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – 2006. – №20. – 195 с.
 24. *Нестеров Е.А.* Метод локальной разгрузки корневых шарниров стреловых систем порталных кранов / Е.А. Нестеров // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2006. – №3. – С. 56-63.
 25. *Нестеров Е.А.* Метод локальной разгрузки шарнирных соединений «Колонна – жесткая оттяжка» стреловых систем порталных кранов / Е.А. Нестеров // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2006. – №2. – С. 86-92.
 26. *Михеев В.А.* Анализ причин аварии порталного крана КПП–16-36-10,5 / В.А. Михеев, В.Т. Власов // Защита металлургических машин от поломок. – 2009. – №11. – С. 114-117.
 27. *Нестеров Е.А.* Сравнительный анализ конструктивных особенностей опорных узлов колонн порталных кранов с шарнирно-сочлененной стреловой системой / Е.А. Нестеров, А.О. Андриенко, П.А. Семенов // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – 2007. – №21. – С. 133-143.
 28. *Сакара А.А.* Методика построения кинетических диаграмм усталостного разрушения сталей крановых металлоконструкций в коррозионных средах / А.А. Сакара // Вісник Одеського національного морського університету. – 2008. – №25. – С. 124-133.
 29. *Пустовой В.Н.* Диагностирование металлоконструкций портовых перегрузочных машин / В.Н. Пустовой. – М.: Транспорт, 1987. – 176 с.
 30. *Коновалов Д.* Использование программного комплекса АРМ WinMachine для исследования остаточного ресурса порталных кранов / Д. Коновалов, А. Дарюхин // САПР и графика. – 2008. – №3. – С. 84-87.

References

1. *Grigorev N.I., Medvedin S.I., 1961.* Otklonenie gruzha pri rabote portalnyh kranov [Deviation of load at work portal cranes]. *Rechnoj transport [River transport]*, no. 5, 16-17.
2. *Loveykin V.S., 1982.* Dinamicheskij analiz strelovyyh sistem kranov s gorizontalnym peremeshheniem gruzha pri izmenenii vyleta: dis. kandidata teh. Nauk [Dynamic analysis the boom crane systems with horizontal movement of cargo when the departure. Candidate tech. science dis.]. Kyiv, 268.
3. *Dvornikov V.I., Gemmerling V.A., 2004.* Modelirovanie dinamicheskikh processov v kranah s podvizhnoy karetkoj podema gruzha [Modeling of dynamic processes in a mobile crane lifting carriage]. *Naukovi praci DNTU. Seriya "Girnichno-elektromechanichna" [Scientific works DNTU. Series "Mining electro-mechanical"]*, no. 83, 71-81.
4. *Zosimov E.A., 2009.* Ob osobennostyakh jekspluatacii portalnyh kranov [The peculiarities of exploitation portal cranes]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti [Safety in Industry]*, no.1, 31-32.
5. *Rozovskij N.Ja., 2006.* Obespechenie bezopasnoj ekspluatacii portalnyh kranov otrabotavshih normativnyj srok sluzhby [The safe operation of gantry cranes used standard life]. *Tjzheleoe mashinostroenie [The heavy engineering]*, no.1, 28-30.
6. *Terehov A.M., 2003.* Ustrojstvo dlja uspokoenija raskachivaniya gruzha na portovyh portalnyh kranah: dis. kan. teh. Nauk [Device for calming sway in port gantry cranes. Candidate thech. sci. diss.]. Moscow, 155.
7. *Pravila budovi i bezpechnoi ekspluatacii vantazhopidijmalnih kraniv. Nakaz Derzhavnogo komitetu Ukraïni z promislovoi bezpeki, ohoroni praci ta girnichogo nagljadu. no.132, NPAOP 0.00 1.01 07 [Rules of construction and safe operation of cranes]. Kyiv, Derzhspozhivstandart Ukraïni Publ., 2007, 155.*
8. *Rozovskij N.Ja., Milkov A.A., 2006.* Problemy obespecheniya bezopasnoj ekspluatacii portovyh gruzopodemnyh kranov [The problem of ensuring the safe operation a port cranes]. *Tehnika 100 procentov. Oborudovanie dlja portov [Technology 100 percent. Equipment for ports]*, no. 1, 70-73.
9. *Mishichev A.I., Sapozhnikov A.I., 2006.* Eksperimentalno-raschetnyj analiz dinamiki portalnogo krana [Experimental design analysis of the dynamics of gantry crane]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij: Stroitelstvo [News of higher educational institutions: Construction]*, no. 11-12, 95-100.
10. *Andrianov E.N., 2009.* Ekspluatacionnye nagruzki portalnyh peregruzochnykh kranov [Operating load gantry cranes reloading]. *Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij [Journal of University of Water Communications]*, no. 4, 9-16.
11. *Bortjakov D.E., Nekrasova A.V., Sokolov S.A., 2008.* Modelirovanie ekspluatacionnoj nagruzhennosti elementov portalnyh kranov [Simulation of operational loading portal cranes elements]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta [Scientific and technical sheets St. Petersburg state polytechnic university]*, no. 60, 203-211.
12. *Kim E.T., Orlov A.N., 2002.* Nagruzki na jelementy sistemy izmeneniya vyleta portalnyh kranov [Load on the system components luffing portal cranes]. *XXX Jubilejnaja Nedelja nauki SPbGTU. Materialy mezhvuzovskoj nauchnoj konferencii [30th jubilee science week SPbGTU. Materials of scientific conference]*, vol. IV, 60-61.
13. *Kim En Cher Te Gynovich, 2004.* Dinamicheskie nagruzki portalnih kranov pri rabote mehanizma izmeneniya vyleta i sejsmicheskikh vozdeystvijah. avtoref. dis. kand. tehn. nauk [Dynamic loading gantry cranes at work lifting mechanism and seismic actions. Candidate thech. sci. diss.]. St. Peterburg, 18.
14. *Podoljak O.S., Rodionov L.A., 2009.* Doslidzhennja dinamichnih navantazhen elementiv strilovoï sistemi samohidnih kraniv za dopomogoj fizichnoi modeli [The study dynamic loads elements boom of mobile cranes by physical models]. *Naukovij visnik budivnictva*, no. 56, 58-62.
15. *Loveykin V.S., 1990.* Raschety optimalnyh rezhimov dvizheniya mehanizmov stroitelnyh mashin [The optimal modes motion mechanisms of construction machinery of calculation]. Kyiv, UMK VO Publ., 168 p.
16. *Kotelnikov V.S., Zhukov V.G., Leonova O.V., 2004.* Ocenka nadezhnosti metallokonstrukcij portalnyh kranov [Evaluation of reliability of metal portal cranes]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti [Safety in Industry]*, no. 3, 24-27.
17. *Stukalenko A.M., 1999.* Issledovanie dinamicheskikh processov, proishodjashhikh v kozlovom krane pri obryve kanata [Study of dynamic processes in the gantry crane at breakage of the rope]. *Trudy Odesskogo politehnicheskogo universiteta [Trudy of the Odessa polytechnic university]*, no. 2(8), 69-72.

18. *Dashhenko A.F., Lazareva D.V., Oborskiy G.A., Surjaninov N.G.*, 2006. ANSYS v zadachah inzhenernoj mehaniki [ANSYS in the problems of engineering mechanics]. Odessa, Standart Publ., 484.
19. *Podoljak O.S., Rodionov L.A., Pavlova A.O.*, 2009. Matematichna model procesu gasinnja kolivan metalokonstrukcii strilovih sistem kraniv [Mathematical model of vibration damping steel jib crane systems]. Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu "Harkivskij politehnicnij institut". Zbirnik naukovih prac. Tematicnij vipusk: Mashinoznavstvo ta SAPR [Journal of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Thematic release: Engineering science and CAD], no. 28, 88-91.
20. *Miheev V.A., Vlasov V.T.*, 2004. Specialnye krany [Special cranes]. Mariupol, PGTU Publ., 424.
21. *Reshhenko I.A., Furtatov Ju.V.*, 2010. Issledovanie prichin avarijnogo razrushenija sharnirnyh soedinenij strelovih sistem i opornyh uzlov portalnyh kranov [Study of the causes disaster destruction joints the boom systems and support nodes portal cranes]. Problemi tehniki [Problems technique], no. 3, 51-58.
22. *Dashhenko A.F., Nemchuk A.O.*, 2006. Ocenka rabotosposobnosti metallokonstrukcij portalnyh kranov [Evaluation of performance steel portal cranes]. Trudy Odesskogo politehniceskogo universiteta [Trudy Odessa polytechnic university], no. 2(26), 8-11.
23. *Nesterov E.A.*, 2006. Metod lokalnoj razgruzki sharnirnyh soedinenij "Tjaga koromysla – koromyсло" i "Tjaga koromysla – strela" strelovih sistem portalnyh kranov [Method local unloading joints "Rod rocker arm - rocker arm" and "Rod rocker – boom" the boom portal cranes systems]. Visnik Odeskogo nacionalnogo morskogo universitetu. [Bulletin of the Odessa national maritime university], no. 20, 195.
24. *Nesterov E.A.*, 2006. Metod lokalnoj razgruzki kornevyh sharnirov strelovih sistem portalnyh kranov [Method of local unloading the boom joints root systems portal cranes]. Problemi tehniki [Problems technique], no. 3, 56-63.
25. *Nesterov E.A.*, 2006. Metod lokalnoj razgruzki sharnirnyh soedinenij «Kolonna – zhestkaja ottjazhka» strelovih diagra portalnyh kranov [Method of local unloading joints "column - tough brace" the boom portal cranes systems]. Problemi tehniki [The problem techniques], no. 2, 86-92.
26. *Miheev V.A., Vlasov V.T.*, 2009. Analiz prichin avarii portalnogo krana KPP-16-36-10,5 [Analysis of the causes accident portal crane KPP-16-36-10,5]. Zashhita metallurgicheskij mashin ot polomok [Protection metallurgical machines from damage], no. 11, 114-117.
27. *Nesterov E.A., Andrienko A.O., Semenov P.A.*, 2007. Sravnitelnyj analiz konstruktivnyh osobennostej opornyh uzlov kolonn portal'nyh kranov s sharnirno-sochlenennoj strelovoj sistemoj [Comparative analysis of design features support nodes columns gantry cranes with articulated boom system]. Visnik Odeskogo nacionalnogo morskogo universitetu [Bulletin of the Odessa National Maritime University], no. 21, 133-143.
28. *Sakara A.A.*, 2008. Metodika postroenija kineticheskij diagram ustalostnogo razrushenija stalej kranovyh metallokonstrukcij v korrozionnyh sredah [The method of constructing kinetic diagrams of fatigue failure of steel crane steel in corrosive environments]. Visnik Odeskogo nacionalnogo morskogo universitetu [Bulletin of the Odessa National Maritime University], no. 25, 124-133.
29. *Pustovoj V.N.*, 1987. Diagnostirovanie metallokonstrukcij portovyh peregruzochnykh mashin [Diagnosing metal port-handling machines]. Moscow, Transport Publ., 176.
30. *Konovalov D., Darjuhin A.*, 2008. Using a software package for the study APM WinMachine residual life portal cranes. CAD and graphics], no. 3, 84-87, (in Russian).