

**Ловейкін Вячеслав Сергійович**

*доктор технічних наук, професор кафедри  
конструювання машин і обладнання*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Крушельницький Віктор Васильович**

*майстер виробничого навчання кафедри  
конструювання машин і обладнання*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ловейкин Вячеслав Сергеевич**

*доктор технических наук, профессор кафедры  
конструирования машин и оборудования*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

**Крушельницкий Виктор Васильевич**

*мастер производственного обучения кафедры  
конструирования машин и оборудования*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

**Loveykin V.**

*doctor of Engineering, professor*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**Krushelnytskyi V.**

*master of education*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПЕРЕМІЩЕННЯ  
ПРОЛЬОТНОГО КРАНА ПРИ ОПТИМАЛЬНОМУ КЕРУВАННІ  
EXPERIMENTAL RESEARCH DYNAMICS MOVEMENT OF OVERHEAD  
CRANES WITH OPTIMAL CONTROL**

**Анотація.** В роботі наведено результати експериментальних досліджень динаміки переміщення мостового крана при оптимальному та ручному керуванні.

**Ключові слова:** оптимальне керування, ручне керування, динамічні навантаження, коливання вантажу, оптимізація.

**Аннотация.** В работе приведены результаты экспериментальных исследований динамики перемещения мостового крана при оптимальном и ручном управлении.

**Ключевые слова:** оптимальное управление, ручное управление динамические нагрузки, колебания груза, оптимизация.

**Annotation.** The results of experimental investigations of the dynamics movement the overhead crane with optimal and manual control.

**Keywords:** optimal control, manual control, dynamic load, load fluctuations, optimization.

Переміщення вантажу прольотним краном можна умовно розділити на чотири етапи: процес розгону; рух на усталеній швидкості; гальмування та залишкові коливання крана. Всі ці процеси без виключення супроводжуються динамічними навантаженнями.

Для покращення експлуатаційних параметрів крана, надійності та довговічності, дії динамічних навантажень, що виникають у металоконструкціях під час переміщення крана, необхідно уникати. В роботі [1] запропоновані диференціальні гальмівні системи,

що включають гідравлічну та електричну складові, для забезпечення мінімального рівня напружень в металоконструкції при гальмуванні шляхом забезпечення рівності гальмівних моментів на ходових колесах крана. Автори роботи [2] запропонували інтелектуальні алгоритми керування вантажопідйомними машинами, які гуртуються на вирішені зворотної задачі динаміки і застосуванням нечіткої логіки і проводили дослідження на чутливість алгоритмів з варіаціями параметрів. В роботі [3] для дослідження вібрацій мостового крана запропонували використовувати бездротову вимірювальну систему з використанням датчиків Phidget 1056. В роботі [4] автори досліджували пороги спрацювання обмежувача вантажопідйомності на крані мостового типу КМГ-201 з використанням тахогенератора на валу двигуна механізму підйому і тензометричних датчиків, встановлених на мості крана для фіксації зусиль, що виникають в металоконструкції і тензометричний датчик балочного типу, встановлений на холосту гілку каната механізму підйому для фіксації зусилля в канаті. В роботі [5] для вимірювання вільних і вимушених коливань крана в горизонтальному і вертикальному напрямках використовували два сейсмометра СМ-3.

Спираючись на вище вказані дослідження, запропоновано зменшити динамічні зусилля, що діють в металоконструкції крана за допомогою методу варіаційного числення, наведеного у роботі [6], та використання спеціального обладнання для проведення експериментальних досліджень динаміки руху мостових кранів [7].

Проведення експериментальних досліджень виконувалося на мостовому однобалочному крані. Для визначення зусилля, яке виникає у мостовій балці крана використовувалися тензорезистори, а для визначення коливань вантажу енкодер, який кріпився на електроталі. Для реєстрації даних використовувалися аналого-цифрові перетворювачі m-DAQ 14 та комп'ютер із встановленим програмним забезпеченням. Реалізація оптимального керування виконувалася за допомогою частотного перетворювача та розробленого мікроконтролерного пристрою. Останній визначав вихідні параметри крана, які необхідні для проведення розрахунків за допомогою розробленої програми «Оптимальне керування мостовим краном» та подальшого керування частотним перетворювачем за оптимальним керуванням [6]. Реалізація останнього дозволило звести динамічні навантаження в металоконструкції крана до мінімуму. Загальний вигляд системи для реалізації оптимального керування краном та збору експериментальних даних зображено на рис. 1.

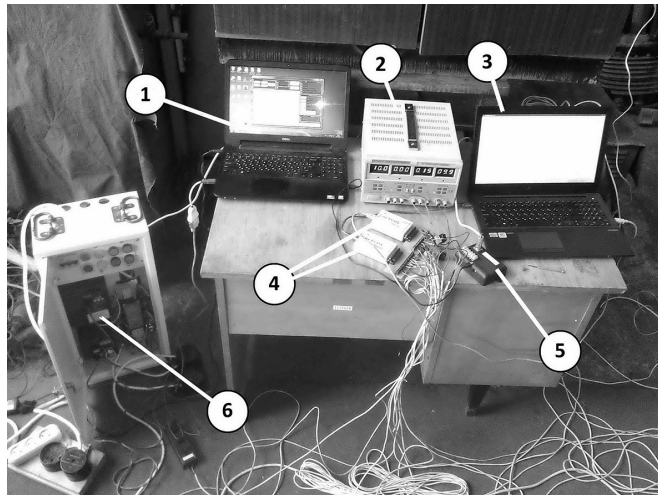


Рис. 1. Загальний вигляд системи керування краном та збору експериментальних даних: 1 — комп'ютер з програмним забезпеченням для керування частотним перетворювачем; 2 — блок живлення для датчиків; 3 — комп'ютер з програмним забезпеченням для збору експериментальних даних; 4 — аналогово-цифрові перетворювачі m-DAQ-14; 5 — мікроконтролерний пристрій для визначення вихідних параметрів крана (довжини канату та маси вантажу); 6 — електрична шафа з частотним перетворювачем

При ручному керуванні пікові динамічні навантаження виникають саме під час перехідного процесу пуску і становить 1139 Н (рис. 2). При переміщенні крана на усталеній швидкості динамічні навантаження виникають від коливань вантажу, амплітуда яких становить 503 Н.

Реалізація оптимального керування дає пікове значення зусилля під час пуску механізму переміщення крана, яке становить 408 Н, що на 64% менше ніж при ручному керуванні. При переміщенні крана на усталеній швидкості динамічні зусилля в крановому мості не значні і становлять  $\pm 146$  Н, що на 71% менше в порівнянні з ручним керуванням.

Оптимальне керування також дало змогу зменшити амплітуду коливань вантажу на 47% в порівнянні з ручним (рис. 3). Слід відмітити, що максимальне відхилення вантажного канату при оптимальному керуванні відбувається під час перехідних процесів пуску та гальмування.

**Висновки.** При оптимальному керуванні під час перехідного процесу пуску механізму переміщення крана максимальне зусилля в мостовій балці крана зменшується на 64%, а при переміщенні крана на усталеній швидкості на 71%. Оптимальне керування механізмом переміщення крана дало змогу зменшити амплітуду коливань вантажу під час перехідного процесу пуску на 47%. При переміщенні крана на усталеній швидкості відхилення вантажного канату від вертикалі знаходиться в межах  $\pm 1^\circ$ .

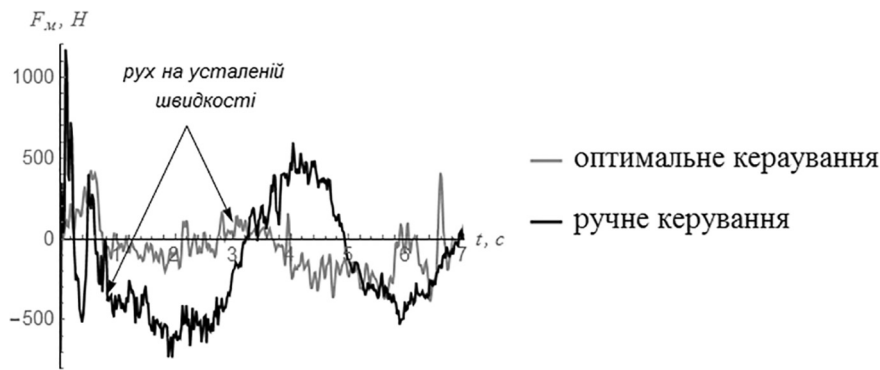


Рис. 2. Зусилля, що діє в мостовій балці крана у горизонтальній площині під час переміщення при оптимальному та ручному керуванні

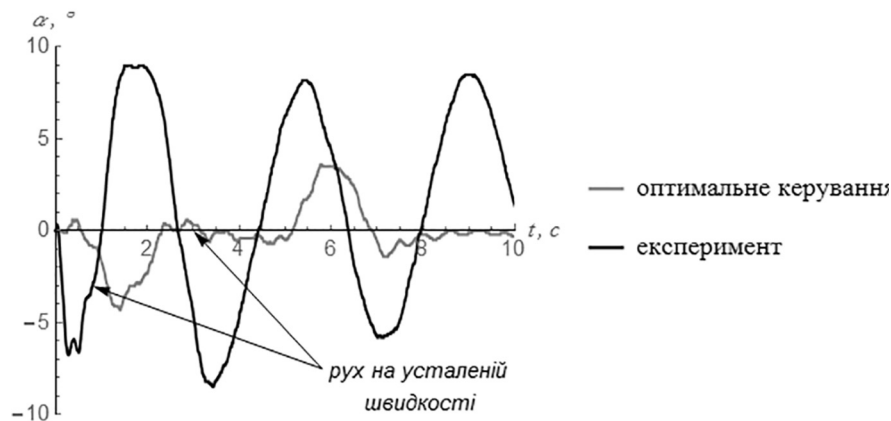


Рис. 3. Коливання вантажу відносно вертикалі при оптимальному та ручному керуванні

### Література

1. Стрельцов С. В. Обоснование структуры и силовых параметров дифференциальной системы торможения крана пролетного типа на рельсовом ходу: дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / Стрельцов Сергей Владимирович — Новочеркасск, 2014. — 167 с.
2. Кузнецов, А. П. Интеллектуальные алгоритмы управления подъемно-транспортными механизмами / Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2011): материалы Междунар. научн. — техн. конф. (Минск, 10–12 февраля 2011 г.) / редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск: БГУИР, 2011. — С. 493–504.
3. Tomasz Haniszewski Overhead traveling crane vibration research using experimental wireless measuring system / Tomasz Haniszewski, Damian Gaška // Transport Problems. — Gliwice, 2013. — Volume 8. Issue 1. P. 57–66.
4. Скосырский Н. П. Влияние предварительных порогов срабатывания ограничителя грузоподъемности на динамику мостового крана / Н. П. Скосырский, В. В. Даньшин, Д. С. Буданов. // Промышленные и строительные технологии. — 2016.
5. Кулябко В. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований собственных колебаний трубчатого мостового крана-перегрузателя [Электронный ресурс] / В. Кулябко, А. Макаров, Д. Тихонов // Теоретичні основи будівництва. — 2009. — Режим доступу до ресурсу: [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/natural/Tob/2009\\_17/Stati/35-Kulyabko\\_Makarov\\_Tihonov.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/Tob/2009_17/Stati/35-Kulyabko_Makarov_Tihonov.pdf).
6. Ловейкін В. С. Зменшення динамічних зусиль у крановому мості шляхом оптимізації режимів руху крана / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, В. В. Крушельницький. // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. — 2014. — № 196. — С. 112–122.
7. Ловейкін В. С. Апаратне забезпечення для дослідження динаміки руху мостового крана / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, В. В. Крушельницький // Підйомно-транспортна техніка. Одеса: 2016. Вип. 2(50). — С. 25–33.