

Бойко Г.О.

## ОЦІНКА РІВНЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

*В статті розглядається питання оцінки рівня напруженості металевих конструкцій кранів мостового типу з урахуванням як вертикальних так і горизонтальних навантажень, які діють під час пересування кранів. Проаналізовано рівень вертикальних навантажень на металеві конструкції мостових кранів, отриманих шляхом теоретичних розрахунків. Запропоновано експериментальний спосіб визначення рівня напруженості металевих конструкцій у вертикальній та горизонтальній площинах та пристрій для його здійснення.*

**Ключові слова:** кран мостового типу, металева конструкція, пересування, вертикальні навантаження, горизонтальні навантаження, спосіб, блок-схема, пристрій.

**Постановка проблеми і актуальність дослідження.** Згідно з [1] експлуатація вантажопідіймальних кранів з дефектами у вигляді втомних тріщин у несучих металоконструкціях заборонена. Багаторічний досвід експертного обстеження вантажопідіймальних кранів свідчить, що найчастіше дефекти у вигляді втомних тріщин виникають у таких місцях металоконструкцій як: буксові вузли кінцевих балок; вузли з'єднання головних балок з кінцевими балками; місця кріплення (зварювання) кронштейнів робочих майданчиків з вертикальними стінками головних балок; верхні пояси головних балок в місцях зварного з'єднання з планками кріплення рейок вантажного візка. На фото 1- 9 представлені найпоширеніші з них.



Фото 1 - Буксовий вузол кінцевої балки крану з накладкою підсилення



Фото 2 - Корозійне руйнування вертикальної стінки кінцевої балки



Фото 3 - Тріщина у вертикальній стінці у місці зварювання з кронштейном кріплення майданчика механізму пересування



Фото 4 - Тріщина у вертикальній стінці буксового вузла кінцевої балки [2]



Фото 5 - Тріщина в вертикальній стінці біля її зварювання з верхнім поясом кінцевої балки



Фото 6 - Тріщина в криволінійній частині буксового вузла [2]



Фото 7 - Тріщина в зоні зварювання ребра жорсткості з окантовувальним кільцем кінцевої балки [2]

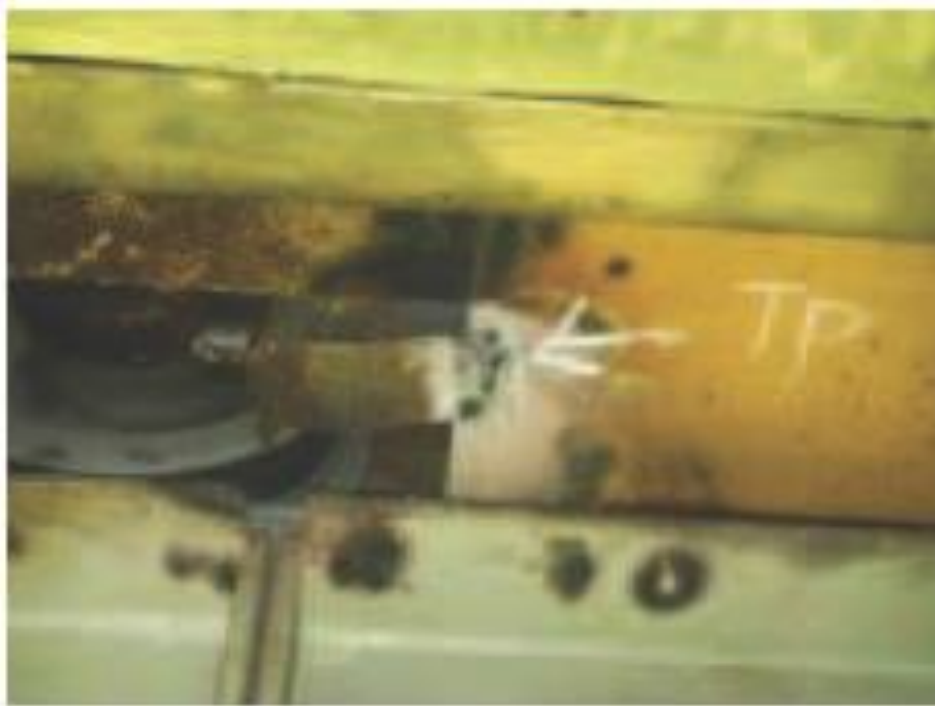


Фото 8 - Тріщина в зоні зварювання окантовувального кільця з нижнім поясом кінцевої балки [2]



Фото 9 - Тріщина в зоні зварювання кронштейна кріплення механізму пересування до вертикальної стінки кінцевої балки [2]

Виникнення великого числа тріщин в кінцевих балках пояснюється як їх конструктивними недоліками, так і великими горизонтальними зусиллями на них у вузлах кріплення букс. Горизонтальні зусилля реалізуються в буксових частинах кінцевих балок у вигляді крутного моменту зумовленого силою перекосу. Сила перекосу, а відповідно, і крутний момент при переміщенні кранів змінюються, тому вплив поперечних сил призводить до появи у вузлі знакозмінних напружень, частота яких залежить від числа включень механізму пересування крану [3].

Враховуючи те, що величина горизонтальних інерційних навантажень при розрахунках металоконструкцій кранів приймається рівною 10 % від вертикальних навантажень, що явно не відповідає реально діючим навантаженням при експлуатації кранів, а навантаження, що діють у поперечній площині до напрямку руху крану взагалі не враховуються при розрахунках, так як існуючі методики [4] їх розрахунку

дають велику розбіжність отриманих результатів, оцінити рівень навантажень на металоконструкції можна лише експериментальним шляхом із застосуванням спеціальних приладів. Рішення проблеми підвищення надійності та безпечної експлуатації кранів мостового типу можливе лише на основі комплексного підходу до оцінки рівня динамічних навантажень на металеві конструкції, що дозволить врахувати їх як при проектуванні кранів, так і при експлуатації.

**Мета статті.** Комплексно оцінити рівень динамічних навантажень (напруженості) металевих конструкцій кранів мостового типу з урахуванням вертикальних та горизонтальних навантажень.

**Основна частина.** Крани мостового типу є найбільш поширеними серед підймальних споруд. При розрахунках на вертикальні навантаження головні балки розглядаються як шарнірно-оперті на кінцях, а величина розподілених навантажень визначається за даними обмірів, а зосереджених навантажень від ваги кабіни, ваги шаф електроустаткування та ваги механізму пересування крану береться з технічних паспортів кранів або довідкової літератури.

При розрахунках на горизонтальні навантаження металоконструкція мосту крану розглядається як плоска рама з урахуванням наступних допущень: візок встановлено посередині прольоту мосту крану, тиск коліс вантажного візка приймається однаковим, інерційні сили від маси моста крану і механізму пересування крану прийняті рівномірно розподіленими, а обидві головні балки моста крану прийнято рівно навантаженими. Величина горизонтальних інерційних сил (горизонтального навантаження) приймається рівною 10 % від відповідних вертикальних навантажень.

Розрахунок рівня напруженості металевих конструкцій мостових кранів від дії навантажень у вертикальній площині виконано за методикою [5].

В таблиці 1 наведено результати розрахунку нормальних напружень в нижніх волокнах найбільш навантаженого перерізу головних балок мостових кранів викликаних дією, відповідно, постійних навантажень (зосереджених та розподілених) і навантажень від візка, який переміщується з вантажем. Розрахунки виконано для кранів мостового типу одного з підприємств Луганської області при їх експертному обстеженні, проведеному фахівцями експертно-діагностичної науково-дослідної лабораторії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Таблиця 1

Результати розрахунку напружень в небезпечному (середньому) перерізі головних балок мостових кранів

№ з/п	В/п, т	Проліт, м	Термін експлуатації, роки	Напруження, МПа
1	10	22,0	44	91,0
2	10	22,0	45	92,0
3	10	22,0	33	94,0
4	10	22,0	26	98,0
5	10	22,0	57	97,0
6	10	22,0	40	90,0
7	10	22,0	41	99,0
8	10	22,0	43	75,0
9	10	22,0	37	83,0

Сумарні напруження розтягування в найбільш навантажених волокнах нижнього поясу головних балок розглянутих кранів лежать в діапазоні 75,0 ÷ 99,0 МПа, що в середньому в 2 рази менше напружень, які допускаються  $[\sigma] = 180$  МПа для сталей, з яких виготовлено металоконструкції головних балок кранів.

Тому, можна стверджувати, що втомні руйнування в найбільш навантаженому перерізі головних балок (в середині прольоту) маловірогідні. Це підтверджує і практика експертного обстеження великої кількості кранів мостового типу різних вантажопідйомності і прольотів.

Це свідчить про те, що причиною їх виникнення є не вертикальні, а горизонтальні навантаження металевих конструкцій, тому оцінка рівня напруженості металоконструкцій кранів мостового типу від дії горизонтальних навантажень є актуальною і отримати її можна лише експериментальним шляхом.

Для цього пропонується застосування способу оцінки рівня динамічних навантажень металоконструкцій кранів мостового типу.

Відомо спосіб експериментального визначення динамічних навантажень на металоконструкцію крану мостового типу при його пересуванні [6], згідно якого рівень навантажень визначають через вимірювання нормальних напружень в деякому перерізі балок крану завдяки наклеєних тензорезисторів.

Недоліком цього способу є відсутність можливості здійснювати довготривалий моніторинг рівня динамічного навантаження металоконструкції мостового крану, так як тензорезистори не забезпечують точності вимірювань при довготривалій експлуатації в умовах виробництва.

Відомо спосіб обмеження вантажопідйомності крана мостового типу, який дозволяє оцінити рівень навантаження металоконструкції в вертикальній площині, сутність якого полягає в тому, що встановлюється залежність значень одного із параметрів електродвигуна механізму підймання вантажу, а саме активної

потужності, що споживається електродвигуном, від значень мас вантажів, що підіймаються по чергово. Цю залежність і максимально допустиме значення маси вантажу запам'ятовують, а в процесі роботи крану безперервно вимірюють поточне значення контрольованого параметру електродвигуна механізму підіймання вантажу, порівнюють його з запам'ятованим максимально допустимим значенням маси вантажу, і при його перевищенні формують попереджувачий сигнал і відключають механізм підіймання вантажу [7].

Недоліком запропонованого способу є те, що він не надає повноцінної оцінки рівня динамічного навантаження металоконструкцій крану мостового типу від дії всіх видів навантажень, що виникають під час пересування крану з вантажем, а дозволяє лише частково оцінити рівень навантаження металоконструкції крану мостового типу, а саме від дії вантажу, що підіймається механізмом підіймання.

Нами пропонується спосіб комплексної оцінки рівня динамічного навантаження металоконструкції крану мостового типу шляхом того, що оцінюють рівень навантаження металоконструкції крану в залежності від дії навантажень, що виникають під час його пересування, що приведе до розширення функціональних можливостей способу та надасть можливість отримати комплексну оцінку рівня динамічного навантаження металоконструкції крану від дії всіх видів навантажень.

Пропонований спосіб полягає в тому, що встановлюються залежності значень одного із параметрів електродвигунів механізму підіймання вантажу та механізму пересування крану, а саме активних потужностей, що споживаються електродвигунами, від значень мас вантажів, що підіймаються по чергово та від опору руху крану, відповідно. Ці залежності і максимально допустимі їх значення запам'ятовують, а в процесі роботи крану безперервно вимірюють поточні значення контрольованих параметрів електродвигунів механізму підіймання вантажу та пересування крану, порівнюють їх із запам'ятованими максимально допустимими значеннями маси вантажу і опору руху крана, і при їх перевищенні формують попереджувачий сигнал і відключають механізми підіймання вантажу, або пересування крана.

На рисунку 1 наведено блок-схему пристрою для здійснення запропонованого способу. Пристрій для здійснення способу оцінки рівня навантаженості кранів мостового типу містить: датчик активної потужності 1, з'єднаний з електродвигуном механізму підіймання вантажу (на схемі не зображений), блок установки констант 2, блок порівняння 3, блок індикації 4, датчик активної потужності 5, з'єднаний з електродвигуном механізму пересування крану (на схемі не зображено), блок установки констант 6, блок порівняння 7, блок індикації 8, блок порівняння 9, блок установки констант 10, блок індикації 11.

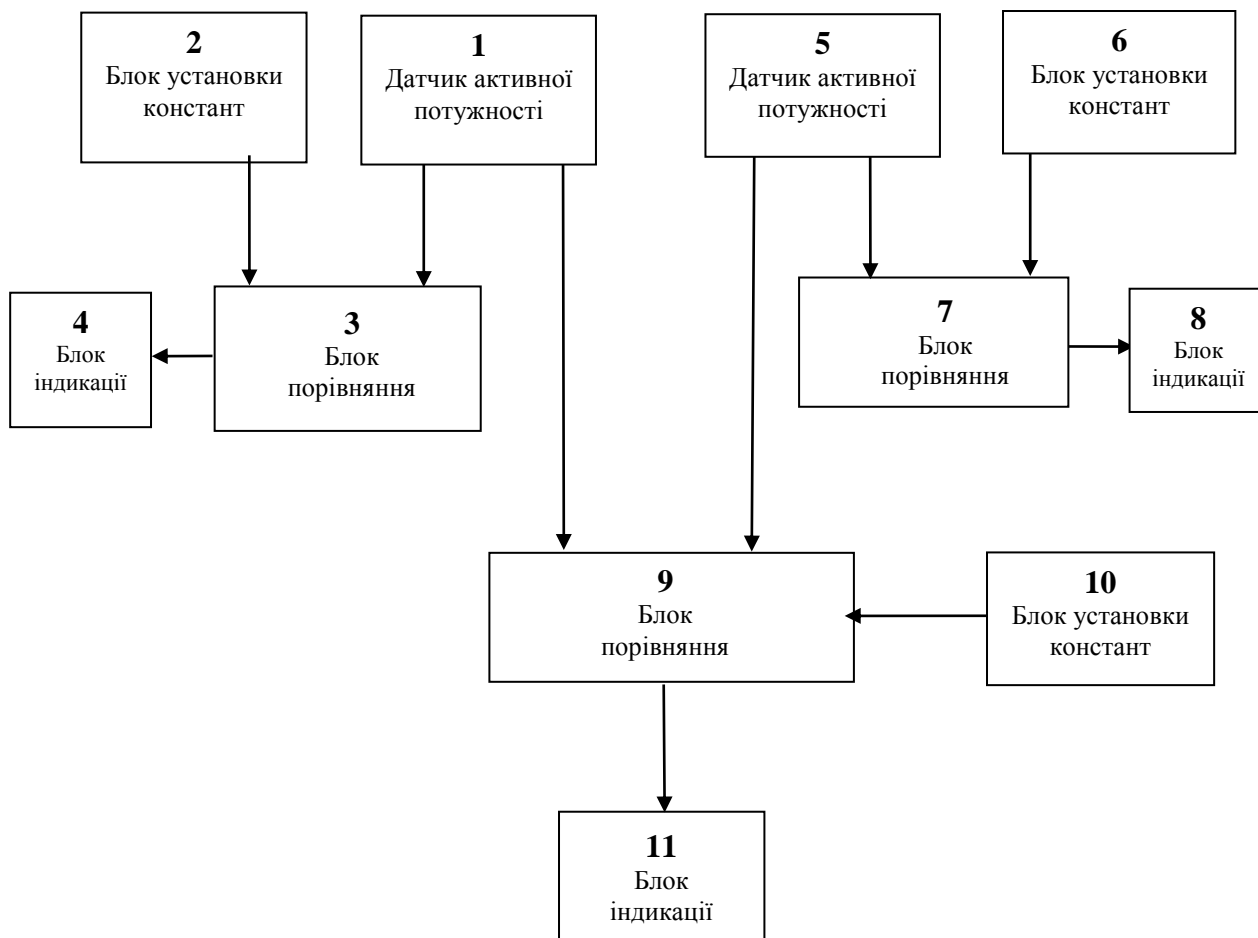


Рисунок 1 – Блок-схема пристрою

Спосіб здійснюється наступним чином.

До початку роботи крану в пам'ять блоку порівняння 3 вводять через блок установки констант 2 залежність активної потужності електродвигуна механізму підймання вантажу від мас вантажів, що підіймаються (вказана залежність отримується експериментальним шляхом), а в блок порівняння 7 вводять через блок установки констант 6 залежність активної потужності електродвигуна механізму пересування крану від опору пересування крану (вказана залежність отримується експериментальним шляхом).

Під час роботи крану в блоках порівняння 3 і 7 відбувається безперервне визначення та порівняння споживаних активних потужностей електродвигунів механізмів підймання вантажу та пересування крану, відповідно, на основі сигналів, які надходять від датчиків активної потужності 1 і 5. По споживаній активній потужності електродвигуна механізму підймання вантажу на основі залежності активної потужності від мас вантажів визначають масу вантажу, що підіймається (рівень навантаженості металоконструкції крану від маси вантажу), інформацію про яку фіксують блоком індикації 4. По споживаній активній потужності електродвигуна механізму пересування крану на основі залежності активної потужності від опору руху визначають рівень навантаженості металоконструкції крану від сил опору руху, величину якої фіксують блоком індикації 8. Одночасно сигнали з датчиків активних потужностей 1 і 5 надходять на входи блока порівняння 9, в якому їх підсумовують та постійно порівнюють з сумарним максимально допустимим значенням споживаних активних потужностей електродвигунів механізмів підймання вантажу та пересування крану, яке встановлюють через блок установки констант 10. Поточне значення рівня навантаженості металоконструкції крану мостового типу, пропорційне сумарному значенню споживаних активних потужностей електродвигунів, фіксують блоком індикації 11.

Таким чином, завдяки застосуванню залежностей активних потужностей електродвигунів механізмів підймання вантажу та пересування крану від вертикальних та горизонтальних навантажень, відповідно, запропоновано спосіб оцінки рівня динамічного навантаження металоконструкції крану та прилад для його реалізації.

#### **Висновки.**

1. Сумарні напруження розтягування в найбільш навантажених волокнах нижнього поясу головних балок кранів мостового типу значно менші напружень, які допускаються.

2. Причиною втомлених тріщин є не вертикальні, а горизонтальні навантаження металевих конструкцій кранів мостового типу.

3. Залежність активної потужності електродвигунів механізму пересування крану від горизонтальних навантажень дозволяє оцінити рівень динамічного навантаження металоконструкції крану в горизонтальній площині.

#### **Література**

1. НПАОП 0.00-01-07. Правила будови та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – К.: Основа, 2007. – 264 с.
2. Щеткин Р.В. Характерные дефекты концевых балок опорных мостовых кранов и методы их устранения при ремонте и модернизации [Текст] / Вестник ПГТУ №1, 2011, с. 107-118.
3. Концевой Е.М. Ремонт крановых металлоконструкций. [Текст] / Е.М. Концевой, Б.М. Розенштейн. – М.: Машиностроение, 1979. – 206 с.
4. Грузоподъемные краны: В 2-х кн. Кн.1 / Сокр. перевод с нем. Под ред. М.П. Александрова. - М.: Машиностроение, 1981. - 216 с.
5. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. - Л.: Машиностроение, 1969. - 520 с.
6. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. М.: Машиностроение, 1987. с. 96-100.
7. Патент RU № 2354604 C1. Способ ограничения грузоподъемности крана мостового типа. МПК В66С23/90, опубл. 10.05.2009, бюл. № 13.

#### **References**

1. The rules of booths are of careless exploitation of the wagons of the cranes. - K.: The basis, 2007. - 264 with.
2. Shchetkin R.V. Characteristic defects of end beams of support bridge cranes and methods of their elimination during repair and modernization [Text] / Bulletin of PSTU №1, 2011, p. 107-118.
3. Kontsevov E.M. Repair of crane metal structures. [Text] / E.M. Kontsevov, B.M. Rosenstein. - Moscow: Mechanical Engineering, 1979. - 206 p.
4. Hoisting cranes: In the 2-kn. Kn. 1 / Sokr. povod with him. Under the editorship of M.P. Alexandrova. - M.: Mechanical Engineering, 1981. - 216 p.
5. Gohberg M.M. Metal constructions of hoisting-and-transport machines. - L.: Mechanical Engineering, 1969. -520 p.
- 6 Lobov N.A. Dynamics of load-lifting cranes. M.: Mechanical Engineering, 1987. p. 96-100.
7. Patent RU № 2354604 C1. Method for limiting the load capacity of a bridge type crane. IPC V66S23 / 90, publ. 10.05.2009, bul. № 13.



**Бойко Г.А. Оценка уровня динамических нагрузок металлических конструкций кранов мостового типа.**

В статье рассматривается вопрос оценки уровня напряженности металлических конструкций кранов мостового типа с учетом как вертикальных так и горизонтальных нагрузок, которые действуют во время передвижения кранов. Проанализирован уровень вертикальных нагрузок на металлические конструкции мостовых кранов, полученный теоретическим расчетом. Предложен экспериментальный способ определения уровня нагруженности металлических нагрузок в вертикальной и горизонтальной плоскостях и устройство для его осуществления.

**Ключевые слова:** *кран мостового типа, металлическая конструкция, передвижение, вертикальные нагрузки, горизонтальные нагрузки, способ, блок-схема, устройство.*

**Boyko G.O. Estimation of the level of dynamic loads of metal structures of cranes of bridge type.**

The article deals with the issue of assessing the level of tension in the metal construction of bridge-type cranes taking into account both vertical and horizontal loads that act during the movement of the cranes. The level of vertical loads on metal structures of bridge cranes, obtained by theoretical calculation, is analyzed. An experimental method for determining the level of loading of metal loads in the vertical and horizontal planes and a device for its implementation are proposed.

**Keywords:** *bridge type crane, metal structure, movement, vertical loads, horizontal loads, method, block diagram, device.*

**Відомості про автора.**

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