

В.А. Пашинський¹, проф., д-р техн. наук, **А.А. Тихий**¹, доц., канд. техн. наук,
М.В. Пашинський¹, доц., канд. техн. наук, **Н.М. Мутель**²

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

¹Кропивницький будівельний фаховий коледж, м. Кропивницький, Україна

e-mail: mykola.pashynskyi@gmail.com

Аналіз результатів геодезичного контролю положення в плані колій мостових кранів у цеху машинобудівного заводу

Проаналізовані результати чотирирічних геодезичних спостережень за положенням у плані колій мостових кранів у цеху машинобудівного заводу. Відхилення відстаней між осями кранових рейок від проєктного значення можна подати у вигляді випадкової величини з нормальним законом розподілу. Встановлені орієнтовні значення середньої швидкості зміни відхилень в часі та рекомендовані періодичності геодезичних зйомок положення кранових рейок у межах 1,5...3 роки.

колії мостових кранів, геодезичний контроль, відхилення в плані, статистичний аналіз

Постановка проблеми. У цехах різних виробництв часто використовуються мостові крани для ремонтів обладнання та переміщення вантажів у межах цеху. Довговічність підкранових балок та безпека експлуатації мостових кранів залежить від технічного стану кранових колій. Значні відхилення кранових рейок від проєктного положення в плані призводять до зростання бічних сил, прискорюють зношування головок кранових рейок і реборд ходових коліс кранів, а також викликають руйнування підкранових балок та їх кріплень до колон. З метою недопущення вказаних явищ здійснюється контроль положення кранових рейок у плані геодезичними методами та виконується їх рихтування, що полягає у відновленні до проєктного положення. Значна трудомісткість проведення геодезичного контролю обумовлює актуальність визначення швидкості зміщення кранових колій у процесі експлуатації та встановлення раціональної періодичності їх рихтування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі експлуатації мостових кранів виникають перекося, розширення та звуження кранових колій, які впливають на величину бічних сил [1, 2], роботу кранів, надійність і довговічність підкранових конструкцій [2, 3]. Ці особливості враховувалися по мірі удосконалення норм кранових навантажень [4, 5]. Вимоги до геометричного положення кранових рейок у плані унормовані в [6, 7, 8]. Основним експлуатаційним показником є відхилення відстані між осями кранових рейок одного прольоту, тобто звуження чи розширення кранових колій, яке на момент монтажу обмежується в ДСТУ [6] величиною ± 10 мм. У процесі експлуатації Правила [7, 8] допускають відхилення до ± 15 мм. Таким чином, для забезпечення нормальної експлуатації мостових кранів величина звуження чи розширення кранових колій повинна перебувати в межах ± 15 мм.

Правила [8] рекомендують контролювати положення кранових колій геодезичними методами. Геодезичні зйомки положення кранових рейок у плані можуть здійснюватися боковим нівелюванням з використанням теодолітів різних конструкцій та нівелірних рейок, горизонтально приставлених до головки кранової рейки [9, 10]. Відстань між крановими рейками впоперек прольоту визначають за допомогою

рулеток, лазерних далекомірів, або шляхом обчислення за результатами бокового нівелювання [9, 10].

Останнім часом контроль положення кранових рейок у плані виконують з використанням різноманітних лазерних приладів [10, 11]. Використовують електронні тахеометри [11, 12] та лазерні візирні, які дають промінь, орієнтований уздовж рейки. Відхилення від цього променя вимірюють з використанням екрана з координатною сіткою чи спеціальними фотореєструючими приладами. В дослідженні [9] підкреслена актуальність та ефективність використання комп'ютерної техніки для опрацювання результатів геодезичних вимірювань. Практична методика статистичного аналізу результатів геодезичних спостережень за геометрією кранових колій була розроблена й апробована у статті [12].

Постановка завдання. На основі раніше розробленої авторами методики виконати статистичний аналіз результатів геодезичних зйомок кранових колій, проведених у цеху машинобудівного заводу протягом декількох років експлуатації, оцінити їх відхилення від проєктного положення в плані та проаналізувати зміни цих відхилень у часі.

Виклад основного матеріалу.

Об'єкт дослідження та методика геодезичних вимірювань. Геодезичні зйомки положення кранових рейок у плані проводилися протягом чотирьох років підряд у головному корпусі машинобудівного заводу. Цех представляє собою семипролітну одноповерхову будівлю з каркасом із залізобетонних колон, встановлених з кроком 6 м, сталевих ферм і підкранових балок. Розміри в плані високої частини будівлі, яка й розглядається в даному дослідженні, становлять 168×96 м. Усі прольоти обладнані ремонтними й технологічними мостовими кранами вантажопідйомністю 10...30 тс з режимом роботи від 3К до 5К.

Положення кранових рейок у плані визначалося за допомогою теодоліта, або лазерного візира, які встановлювалися на гальмівних площадках. При проходженні уздовж кранових колій по спеціальному шаблону знімалися відліки напроти кожної з колон цеху, тобто у створі кожної з поперечних координатних осей 7...21, передавалися по радіозв'язку та фіксувалися в журналі геодезичної зйомки. Різна кількість результатів вимірювань у різних прольотах пояснюється тим, що деякі точки поблизу торців цеху в зонах відстою кранів були недоступними для зйомок. Таким чином для кожного ряду підкранових балок були отримані відхилення від візирної лінії, які за методикою та формулами з [12] перераховані в відхилення відстані між осями кранових рейок від проєктного значення 22500 мм. Саме ця величина підлягала статистичному аналізу, оскільки вона контролюється в ДСТУ [6] та в Правилах [7, 8]. При цьому було прийняте правило знаків згідно з яким "+" означає розширення, а "-" означає звуження кранових колій відносно проєктного значення відстані між ними.

На рисунку 1 показаний фрагмент плану цеху в осях, де виконувалися геодезичні спостереження. Уздовж буквенних осей показано положення кранових рейок, яке було зафіксоване в перший рік геодезичних зйомок. Відстань між буквенними осями (проліт цеху) становить 24000 мм, а відстань між цифровими осями (крок поперечних рам) дорівнює 6000 мм. У проєктному положенні осі кранових рейок повинні бути зміщені від буквенних осей на 750 мм до середини прольотів.

З рисунка 1 видно, що в процесі експлуатації цеху відбулося зміщення кранових рейок з їх проєктного положення. У деяких випадках, наприклад в осях 10...13 ряду В, відбулося зміщення кранових колій у бік ряду Г при збереженні відстані між ними. Причиною такого паралельного зміщення може бути нахил колон ряду В. В інших випадках спостерігається зміна проєктної відстані 1500 мм між крановими рейками, що знаходяться по різні боки тієї самої колони. Це вказує на переміщення кранових рейок по поверхні верхнього поясу підкранових балок унаслідок ослаблення кріплень рейок

до балки. Причиною може бути також зміщення самих балок відносно колон унаслідок ослаблення чи руйнування горизонтальних кріплень верхніх поясів балок до колон.

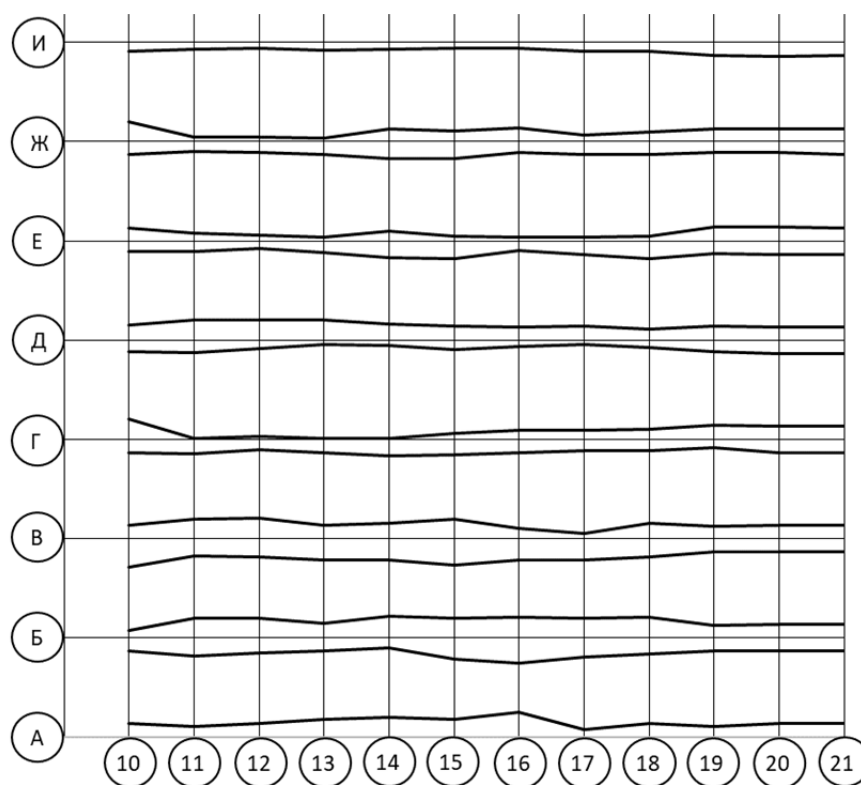


Рисунок 1 – Положення кранових колій на плані цеху станом на перший рік спостережень
Джерело: розроблено авторами

Унаслідок зміщень кранових рейок відбулися зміни відстані між їх осями в прольоті, яка згідно з проектом повинна становити 22500 мм. З рисунка 1 видно, що це обумовило перекосяк кранових рейок у плані, а також розширення та звуження кранових колій на окремих ділянках. З рисунка 1 видно, що найбільші звуження спостерігаються в осях 15, 16 прольоту А–Б, на осі 15 прольоту Б–В, а також на осі 10 прольотів Г–Д та Ж–И. Найбільші розширення спостерігаються на осі 17 прольоту В–Г, в осях 13, 14 прольоту Г–Д та в осях 11...13 прольоту Ж–И.

Статистичний аналіз результатів геодезичних вимірювань. У результаті чотирирічних геодезичних вимірювань у семи прольотах і початкової обробки за методикою [12] отримано 28 вибірок відхилень відстані між осями кранових рейок від проектної величини. Статистична обробка цих вибірок дала результати, наведені в таблиці 1, де для кожного прольоту й кожного року спостережень вказане середнє значення M_{Δ} та стандарт S_{Δ} вибірки випадкової величини досліджених відхилень.

Порівняння отриманих вибірок виконане методом однофакторного дисперсійного аналізу [13, 14]. У двох правих стовпцях таблиці 1 наведені результати порівняння вибірок даних вимірювання в різних прольотах, які виконувалися в протягом одного й того ж року. В усіх випадках фактично отримані значення F-критерію Фішера перевищують відповідні критичні значення F_{cr} для рівня значимості 0,05. Отже, вибірки відхилень у різних прольотах є значимо різними і їх не можна об'єднати. Результати порівняння вибірок відхилень ширини кранових колій, отриманих у різні роки спостереження в одному й тому ж прольоті, наведені у двох останніх рядках таблиці 1. Лише для прольотів А–Б і В–Г значення критерію F отримані меншими від критичних значень F_{cr} (виділені жирним курсивом), що вказує на стабільність відхилень в часі для

цих прольотів. Таким чином, різниці між вибірками відхилень відстаней між крановими коліями практично в усіх випадках є статистично значимими. Це не дозволяє об'єднувати вибірки відхилень для різних прольотів та років спостереження і змушує окремо аналізувати кожну з 28 вибірок, статистичні характеристики яких вказані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики відхилень кранових колій від проектного положення в плані

Роки	Характеристики	Статистичні характеристики за прольотами							Дисп. аналіз	
		А–Б	Б–В	В–Г	Г–Д	Д–Е	Е–Ж	Ж–И	F	F _{cr}
1	M _Δ , мм	-8,1	-9,9	1,6	2,8	3,8	-9,5	-2,7	8,85	2,22
	S _Δ , мм	8,05	6,16	8,42	6,61	7,86	7,76	5,56		
2	M _Δ , мм	-14,2	-5,4	-1,8	0,5	12,2	0,9	-8,5	15,3	2,23
	S _Δ , мм	7,78	5,06	7,76	6,43	7,46	7,17	5,43		
3	M _Δ , мм	-13,2	-2,8	-1,1	-3,9	13,4	3,1	-1,6	10,1	2,23
	S _Δ , мм	8,11	5,89	8,98	8,69	9,06	8,67	5,66		
4	M _Δ , мм	-13,9	0,5	-1,6	4,8	4,1	0,6	-11,4	20,1	2,23
	S _Δ , мм	5,89	4,46	3,80	3,27	7,86	4,80	6,70		
Дисп. аналіз	F	1,54	8,27	0,46	4,17	4,17	7,08	7,05		
	F _{cr}	2,83	2,82	2,87	2,83	2,86	2,83	2,83		

Візуальний аналіз отриманих вибірок разом з фізичним обґрунтуванням природи відхилень відстані між крановими коліями від проектного значення вказує на те, що отримані вибірки відхилень повинні підпорядковуватися нормальному закону розподілу [14]. Застосування критерію узгодженості Пірсона [13, 14] до побудованих дослідних гістограм показало, що на рівні значимості 0,05 не суперечить нормальному розподілу 21 гістограма, а на рівні значимості 0,02 – 24 дослідні гістограми з 28. Це дозволяє використовувати нормальний закон розподілу [13, 14] для опису випадкових величин відхилень відстані між осями кранових рейок від проектного значення.

Використання нормального розподілу для опису відхилень ширини кранових колій від проектного значення дозволяє ввести узагальнену оцінку стану кранових колій у вигляді ймовірності виходу відхилень за гранично допустиме значення. Ця оцінка визначається за формулою:

$$Q_{15} = 1 - F(\Delta_{\text{lim}}, M_{\Delta}, S_{\Delta}) + F(-\Delta_{\text{lim}}, M_{\Delta}, S_{\Delta}), \quad (1)$$

де $F(\Delta_{\text{lim}}, M_{\Delta}, S_{\Delta})$ – функція нормального розподілу досліджених відхилень; M_{Δ} й S_{Δ} – середнє значення й стандарт відповідної вибірки з таблиці 1; $\Delta_{\text{lim}} = 15$ мм – гранично допустиме значення, встановлене Правилами [7, 8].

Контрольною величиною ймовірності (1) доцільно вважати значення Q_{15} , обернене до кількості поперечних рам, на яких виконувалися вимірювання ширини кранових колій. Це дасть приблизно одне перевищення Δ_{lim} в обстеженому прольоті. У нашому випадку, при 10 поперечних рамах, ознакою істотної розладки кранових колій слід вважати ймовірність $Q_{15} > 0,1$. Результати обчислення ймовірностей Q_{15} за вказаними в таблиці 1 статистичними характеристиками усіх 28 наявних вибірок відхилень наведені в таблиці 2. Там же вказані фактичні кількості відхилень N_{Δ} , модуль яких перевищує $\Delta_{\text{lim}} = 15$ мм, а також найбільші виявлені відхилення Δ_{max} у міліметрах. Жирним курсивом виділені відхилення $\Delta_{\text{max}} > \Delta_{\text{lim}}$, а також значення $Q_{15} > 0,1$.

З таблиці 2 видно, що ймовірності Q_{15} загалом узгоджуються з фактичними кількостями N_{Δ} та значеннями Δ_{max} великих відхилень. Найбільша розладка кранових колій спостерігається в прольоті А–Б протягом усіх років спостережень, а також у прольоті Д–Е протягом перших трьох років спостережень.

Таблиця 2 – Зміни в часі параметрів стану кранових колій

Роки	Параметри	Характеристики відхилень за прольотами						
		А–Б	Б–В	В–Г	Г–Д	Д–Е	Е–Ж	Ж–И
1	N_{Δ}	2	4	1	1	1	2	
	Q_{15}	0,199	0,228	0,080	0,054	0,080	0,238	0,014
	Δ_{\max}	24,0	21,8	18,2	20,0	17,8	20,0	9,3
2	N_{Δ}	5				3		1
	Q_{15}	0,459	0,031	0,060	0,020	0,286	0,040	0,117
	Δ_{\max}	22,3	13,5	13,8	9,0	18,8	14,2	15,7
3	N_{Δ}	5				5	1	
	Q_{15}	0,412	0,034	0,097	0,110	0,366	0,109	0,010
	Δ_{\max}	27,3	12,5	14,1	15,0	26,8	15,8	12,2
4	N_{Δ}	4						3
	Q_{15}	0,395	0,001	0,000	0,001	0,058	0,002	0,266
	Δ_{\max}	25,0	8,0	7,0	11,3	10,0	7,5	21,8

Зміни в часі параметрів стану кранових колій відображені на рисунку 2, де показані зміни середніх відхилень M_{Δ} та ймовірностей Q_{15} відхилень ширини кранових колій від проєктного значення для усіх семи прольотів цеху. Функції $M_{\Delta}(t)$ побудовані за даними таблиці 1, а функції $Q_{15}(t)$ – за даними таблиці 2.

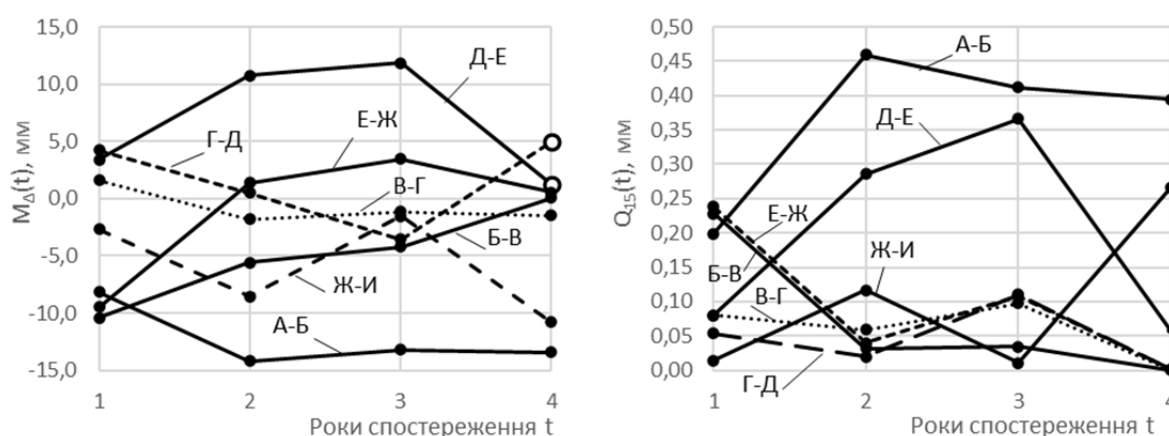


Рисунок 2 – Зміни в часі параметрів стану кранових колій

Джерело: розроблено авторами

Графіки рисунка 2 вказують на досить хаотичні зміни середніх параметрів стану кранових колій. Середні відхилення $M_{\Delta}(t)$ ширини колій від проєктного значення у більшості випадків нарастають за абсолютною величиною, але можуть також зменшуватися, як це спостерігається в прольотах Б–В і Г–Д, і навіть можуть змінювати знак подібно прольотам В–Г, Г–Д і Е–Ж. Різке поліпшення цього показника в прольотах Д–Е і Г–Д на четвертому році спостережень можна пояснити виконаним рихтуванням, тобто відновленням проєктного положення кранових рейок. Результати геодезичних зйомок, отримані після рихтування, відображені на графіку зміни $M_{\Delta}(t)$ більш крупними незалитими точками.

Імовірності $Q_{15}(t)$ виходу відхилень ширини колій за допустиму в процесі експлуатації межу $\Delta_{\text{lim}} = 15$ мм змінюються значною мірою синхронно зі змінами середніх значень $M_{\Delta}(t)$. У прольотах В–Г, Г–Д, а також у прольотах Б–В і Е–Ж протягом 2...4 років спостережень імовірності Q_{15} практично не перевищують значення 0,1, яким у

таблиці 2 відповідають одне або ні одного фактичного перевищення гранично допустимого значення $\Delta_{\text{lim}} = 15$ мм. В інших випадках отримано $Q_{15} > 0,2$ та значна кількість фактичних перевищень допустимого значення відхилення ширини колій.

Дані таблиці 1 дозволяють орієнтовно оцінити швидкість зміни відхилень від проектної ширини кранових колій у процесі експлуатації та рекомендувати раціональну періодичність їх геодезичного контролю. Швидкості зміни відхилень V_{Δ} дорівнюють модулям коефіцієнтів лінійних рівнянь, отриманих у результаті апроксимації наведених у таблиці 1 функцій $M_{\Delta}(t)$ за методом найменших квадратів [13, 14]. При цьому з розгляду виключені відмічені на рисунку 2 крупними точками дані, отримані після рихтування кранових рейок. Результати обчислень наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Швидкості зміни відхилень та доцільна періодичність контролю

Позначення прольотів:	А–Б	Б–В	В–Г	Г–Д	Д–Е	Е–Ж	Ж–И
Швидкість зміни відхилень V_{Δ} , мм/рік	1,49	3,29	1,35	3,90	4,22	3,22	1,74
Періодичність спостережень T_k , місяці	40	18	44	15	14	19	34

Згідно з нормами [6] допуск монтажу на ширину кранових колій становить ± 10 мм, а в процесі експлуатації Правила [7, 8] допускають відхилення до ± 15 мм. Таким чином, після чергового рихтування рейок можна допустити зміщення кранових рейок не більше, ніж на 5 мм. Тоді раціональну періодичність геодезичного контролю положення кранових колій у плані, виражену в місяцях, можна визначити за формулою

$$T_k = 12 \times 5 / V_{\Delta} \quad (2)$$

результати обчислень за якою наведені в таблиці 3.

З таблиці видно, що рекомендована періодичність геодезичного контролю положення кранових колій у плані змінюється від 14 місяців для прольоту Д–Е до 44 місяців (3,7 року) для прольоту В–Г. З метою планування геодезичних зйомок положення кранових колій згідно з даними таблиці 3 можна рекомендувати виконувати їх у прольотах Г–Д і Д–Е щорічно, в прольотах Б–В і Е–Ж – кожні 1,5 року, а в прольотах

А–Б, В–Г і Ж–И з періодичністю 3 роки. Доцільно також виконувати геодезичні зйомки після рихтування рейок, що дасть змогу уточнювати наступні терміни обстежень з урахуванням останніх отриманих результатів.

Висновки. Аналіз результатів геодезичних зйомок положення в плані колій мостових кранів, які виконувалися в багатопролітній будівлі головного корпусу машинобудівного заводу протягом чотирьох років поспіль, показав наступне:

- контрольованим показником є випадкова величина відхилення відстані між осями кранових рейок від проектного значення, яка описується нормальним законом розподілу;
- дисперсійний аналіз показав, що різниці між вибірками відхилень відстаней між крановими коліями в різних прольотах і в різні роки спостереження є статистично значимими, що не дозволило об'єднати ці вибірки для подальшого аналізу;
- у якості узагальненого показника стану кранових колій доцільно використовувати ймовірність виходу відхилень відстаней між осями кранових рейок, отриманих за результатами геодезичної зйомки, за встановлені нормами допустимі значення;
- попри значні випадкові коливання, аналіз результатів чотирирічних геодезичних вимірювань дозволив орієнтовно встановити середні швидкості зміни відхилень у часі та доцільні періодичності геодезичних зйомок у межах 1,5...3 роки для різних прольотів.

Список літератури

1. Григоров О. В., Турчин О. В., Аніщенко Г. О., Петренко Н. О., Стрижак В. В., Радченко В. С. Бічні сили, що діють на колеса мостових кранів, і деякі методи їх зниження. *Підійомно-транспортна техніка*, № 1 (60), 2019, с. 4–15. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/46181> (дата звернення: 22.12.2025).
2. Пічугін С.Ф. Вплив кранових навантажень на каркаси виробничих будівель. *Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*. Випуск 5, 2010 р. С. 106–116 URL: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/7729/1/ZNPISK_2010_5_12.pdf (дата звернення: 22.12.2025).
3. Заїдання рейки колеса мостового крана: основні стратегії технічного обслуговування URL: https://www.nucleonglobal.com/uk/posts/overhead-crane-wheel-rail-biting-essential-maintenance-strategies/?gtm_latency=1 (дата звернення: 22.12.2025).
4. Pichugin S. Development of crane load codes on the basis of experimental research. *Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава : Нац. ун-т імені Юрія Кондратюка, 2021. Вип. 1 (56). С. 18–29. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/11336> (дата звернення: 22.12.2025).
5. Пічугін С.Ф. Розвиток нормування кранових навантажень на будівельні конструкції. *Комунальне господарство міст, 2021, том4, випуск 164*. С. 82–97 URL: <https://khges.kname.edu.ua/index.php/khges/uk/article/view/5825/5744> (дата звернення: 22.12.2025).
6. ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу. К.: Мінрегіонбуд України, 2014, 73 с. URL: https://dbn.co.ua/ld/12/1206_dstu_b_v2_6_200.pdf (дата звернення: 22.12.2025).
7. ДНАОП 0.00-1.03-02. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. URL: https://dnaop.com/html/84_16.html (дата звернення: 22.12.2025).
8. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. Затверджено наказом Міністерства соціальної політики України 19.01.2018 № 62, 214 с. URL: <https://universalkranservis.com/images/uks/NPAOP-18.pdf> (дата звернення: 22.12.2025).
9. Мазикіна О.Б. Підвищення точності та оперативності геодезичного контролю при експлуатації мостових кранів і підкранових колій Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.24.01. КНУБА, К., 2000. URL: <http://tekhnosfera.com/povyshenie-tochnosti-i-operativnosti-geodezicheskogo-kontrolya-pri-ekspluatatsii-mostovyh-kranov-i-podkranovyh-putey> (дата звернення: 22.12.2025).
10. Бачишин Б.Д. Інженерна геодезія : навчальний посібник [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2020, 196 с. URL: <https://surl.li/phzwaj> (дата звернення: 22.12.2025).
11. Смірнова О., Кльось С., Тритяк В. Дослідження геометричних параметрів підкранових колій з використанням електронного тахеометра. URL: <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper/doslidzhennya-geometrichnih-parametriv-pidkranovyh-koliy-z-vikoristannyam> (дата звернення: 22.12.2025).
12. Пашинський В.А., Тихий А.А., Пашинський М.В., Пічугін С.Ф. Статистичний аналіз результатів геодезичних зйомок колій мостових кранів у виробничих будівлях. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2020, no. 81, page 87-96. URL: <http://visnyk-odaba.org.ua/2020-81/81-9.pdf> (дата звернення: 22.12.2025).
13. Горбань І.І. Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів. Київ, 2003, 244 с. URL: http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban_i_i/Publications/4.pdf (дата звернення: 22.12.2025).
14. Пашинський В.А., Пашинський М.В. Методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 106 с.

References

1. Hryhorov, O. V., Turchyn, O. V., Anishchenko, H. O., Petrenko, N. O., Stryzhak, V. V., & Radchenko, V. S. (2019). Lateral forces acting on overhead crane wheels and some methods for their reduction. *Hoisting and Conveying Equipment*, 1(60), 4–15. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/46181>
2. Pichuhin, S. F. (2010). Influence of crane loads on industrial building frames. *Collected Scientific Papers of the V. M. Shimanovskiy Ukrainian Research and Design Institute of Steel Structures*, 5, 106–116. https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/7729/1/ZNPISK_2010_5_12.pdf
3. Nucleon Global. (n.d.). Overhead crane wheel rail biting: Essential maintenance strategies. <https://www.nucleonglobal.com/uk/posts/overhead-crane-wheel-rail-biting-essential-maintenance-strategies/>
4. Pichugin, S. (2021). Development of crane load codes on the basis of experimental research. *Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 1(56), 18–29. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/11336>
5. Pichuhin, S. F. (2021). Development of standardization of crane loads on building structures. *Municipal Economy of Cities*, 4(164), 82–97. <https://khges.kname.edu.ua/index.php/khges/uk/article/view/5825/5744>

6. Ministry for Regional Development, Construction, Housing and Utilities of Ukraine. (2014). *DSTU B V.2.6-200:2014. Steel building structures. Requirements for erection*. https://dbn.co.ua/_ld/12/1206_dstu_b_v2_6_200.pdf
7. State Committee of Ukraine for Occupational Safety. (2002). *DNAOP 0.00-1.03-02. Rules for the design and safe operation of lifting cranes*. https://dnaop.com/html/84_16.html
8. Ministry of Social Policy of Ukraine. (2018). *NPAOP 0.00-1.80-18. Occupational safety rules during operation of lifting cranes, lifting devices and related equipment*. <https://universalkranservis.com/images/uks/NPAOP-18.pdf>
9. Mazykina, O. B. (2000). *Improving accuracy and efficiency of geodetic control during operation of overhead cranes and crane runways* (PhD thesis abstract). Kyiv National University of Construction and Architecture. <http://tekhnosfera.com/povyshenie-tochnosti-i-operativnosti-geodezicheskogo-kontrolya-pri-ekspluatatsii-mostovyh-kranov-i-podkranovyh-putey>
10. Bachyshyn, B. D. (2020). *Engineering geodesy* (Textbook, electronic edition). National University of Water and Environmental Engineering. <https://surl.li/phzwaj>
11. Smirnova, O., Klios, S., & Trytiak, V. (n.d.). Investigation of geometric parameters of crane runways using an electronic total station. <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper/doslidzhennya-geometricnih-parametriv-pidkranovih-kolij-z-vikoristannyam>
12. Pashynskiy, V. A., Tykhyi, A. A., Pashynskiy, M. V., & Pichuhin, S. F. (2020). Statistical analysis of geodetic survey results of overhead crane runways in industrial buildings. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 81, 87–96. <http://visnyk-odaba.org.ua/2020-81/81-9.pdf>
13. Horban, I. I. (2003). *Probability theory and mathematical statistics for researchers and engineers*. Kyiv. http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban_i_i/Publications/4.pdf
14. Pashynskiy, V. A., & Pashynskiy, M. V. (2020). *Methods in engineering research*. Central Ukrainian National Technical University.

Victor Pashynskiy, Prof., Dr. Tech. Sci., **Andrii Tykhyi**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mykola Pashynskiy**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Nataliia Mutel

Kropyvnytskyi Construction Vocational College, Kropyvnytskyi, Ukraine

Analysis of Geodetic Control Results for the Plan Position of Overhead Crane Tracks in a Machine-Building Workshop

A statistical analysis of the results of geodetic surveys of crane tracks carried out in one of the workshops of a machine-building plant over four years of operation was performed. The purpose of the study was to assess the deviations of overhead crane tracks from their design plan position and to analyse the changes in these deviations over time.

The investigated workshop is a multi-span single-storey building with overall dimensions of 168 × 96 m, equipped with overhead cranes with lifting capacities of 10–30 tf. Geodetic surveys of the plan position of the crane rails were performed using a theodolite or a laser sight installed on the bracing platforms of the crane girders. Based on the survey results, deviations of the distances between the crane rail axes from the design value of 22,500 mm were calculated in the plane of each transverse frame. Over four years of measurements, 28 samples of deviations were obtained in seven spans. According to regulatory documents, these deviations at the time of installation should be within ±10 mm, and during operation should not exceed ±15 mm.

Analysis using Pearson's chi-squared test showed that the vast majority of the obtained samples do not contradict the normal distribution, which was therefore used to describe the random variable representing deviations of the distance between the crane rail axes from the design value. Analysis of variance indicated that the differences between deviation samples in different spans, as well as in different years of observation, are statistically significant.

The probability of the measured deviations of the distances between the crane rail axes exceeding the permissible limit of ±15 mm specified by standards was used as a generalised indicator of the crane tracks condition. For different spans and different years of observation, these probabilities vary from fully acceptable values below 0.1 to clearly unacceptable values reaching 0.4–0.45. Temporal changes in this probability and in the span-averaged deviations are largely random; however, analysis of the observed trends made it possible to determine the average rates of change of the deviations of the distances between the crane rail axes over time. Assuming an allowable increase in deviations of 5 mm after installation or subsequent alignment of the crane rails, appropriate intervals for geodetic surveys of 1.5–3 years were established for different spans of the workshop.

overhead crane tracks, geodetic control, plan deviations, statistical analysis

Одержано (Received) 23.12.2025

Прорецензовано (Reviewed) 27.01.2026

Прийнято до друку (Approved) 10.02.2026