

УДК 528.482.2

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ КОНСТРУКЦІЙ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**О. Г. Хохлов**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: gzk@kdu.edu.ua

Наведено спосіб визначення прогинів та перекосів недоступних для безпосередніх вимірювань конструкцій промислових будівель і споруд.

Ключові слова: будівля, будівельна конструкція, згин, прогин, перекоп, деформація, несуча здатність.

DETERMINATION DEFORMATIONS CONSTRUCTIONS OF INDUSTRIAL BUILDINGS AND STRUCTURES**O. G. Khokhlov**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: gzk@kdu.edu.ua

Presented the method of flexures definition and warps of inaccessible for direct measures constructions of industrial buildings and structures.

Key words: building, building construction, bending, flexure, warp, deformation, carrying capacity.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**А. Г. Хохлов**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: gzk@kdu.edu.ua

Приведен способ определения прогибов и перекосов недоступных для непосредственных измерений конструкций промышленных зданий и сооружений.

Ключевые слова: здание, строительная конструкция, изгиб, прогиб, перекоп, деформация, несущая способность.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Прогини будівельних конструкцій, які працюють в умовах згину, нормуються, виходячи з конструктивних, технологічних та естетичних вимог. З часом, під дією різноманітних факторів, зазначені деформації можуть збільшуватися. Збільшення прогинів будівельних конструкцій може призвести не тільки до погіршення естетичного вигляду, а і до порушення технологічного процесу. Наприклад, наднормативний прогин підкранових балок викликає вертикальні деформації кранових рейок, що унеможливує нормальну роботу мостових кранів і, в окремих випадках, повну їх зупинку. Внаслідок цього зупиняється весь технологічний процес виробництва продукції.

Також наднормативний прогин може свідчити про перенавантаження будівельної конструкції або про зниження її несучої здатності, наприклад, через корозію робочої арматури внаслідок замочування елемента атмосферними або технологічними водами. Така ситуація може призвести вже до катастрофічних наслідків – руйнування самої конструкції і будівлі в цілому.

Зміна значень перекосів конструкцій відносно проектних посередньо вказує на осідання несучих конструкцій каркасу будівлі, що також небезпечно, особливо для статично невизначених систем.

Свочасне виявлення граничних прогинів і кренів дозволить розробити заходи зі стабілізації, в окремих випадках, – зменшенню деформацій, що дозволить забезпечити надійну роботу будівельних конструкцій і будівель в цілому на весь проектний термін експлуатації.

Таким чином, розробка способів оперативного визначення прогинів і перекосів зазначених конструкцій є актуальною задачею.

Проблемі визначення деформацій будівельних конструкцій присвячені роботи багатьох науковців, зокрема Ламбіна В.М., Єгорова О.І., Войтенко С.П., Акнешева А.О. та інших. Більшість робіт об'єднує те, що визначення деформацій пропонується виконувати класичними методами інженерної геодезії або безпосередніми інструментальними методами. Але такі підходи не завжди можливі в умовах діючих промислових цехів.

У зв'язку з цим метою роботи є розробка способу визначення прогинів і перекосів, недоступних для безпосередніх вимірювань конструкцій промислових будівель і споруд.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Основною конструкцією промислової будівлі є поперечна рама, яка складається з вертикальних несучих елементів (залізобетонних або сталевих колон) і горизонтальних – кроквяних конструкцій (ферма, балка). Окрім зазначених елементів, існують інші конструкції, які потребують контролю їх деформацій, насамперед, прогинів: плити покриття і перекриття, підкроквяні ферми і балки, ригелі, підкранові балки тощо.

При проектуванні конструкцій їх прогини розраховуються за другою групою граничних станів. Граничні прогини регламентуються діючими нормативними документами: СНиП, ДБН, ГОСТ, ДСТУ. У табл. 1 наведені граничні прогини для деяких елементів.

Розглянемо деякі традиційні способи визначення прогинів згинальних конструкцій:

1) інструментальні способи, тобто вимірювання прогинів за допомогою спеціальних приладів – прогиномірів (Максимова, Аістова, Мокіна) та індикаторів годинникового типу. Але такими способами можна вимірювати прогини тільки при випробуванні конструкції, тобто при прикладанні навантаження. В умовах експлуатації конструкції дані способи не використовуються;

2) способи інженерної геодезії.

Таблиця 1 – Граничні прогини елементів конструкцій

Елементи конструкцій	Вертикальні граничні прогини
Балки кранових колій під мостові та підвісні крани, якими керують з кабіни при групах режимів роботи: 1К – 6К 7К 8К	$l/400$ $l/500$ $l/600$
Балки, ферми, ригелі, прогони, плити, настили покриттів і перекриттів, відкритих для огляду, при прогоні: $l = 6$ м $l = 24$ (12) м $l = 36$ (24) м	$l/200$ $l/250$ $l/300$

Спосіб гідростатичного нівелювання. У даному способі використовується гідростатичний нівелір, який працює на основі ефекту сполучених посудин. Значення прогину визначається за різницею рівня рідини у різних точках по довжині елементу.

Спосіб геометричного нівелювання. Як мірний прилад використовується оптичний або лазерний нівелір. Відліки знімаються безпосередньо з нівелірної рейки або з іншого приладу типу мірної стрічки, рулетки. За різницею відліків визначається прогин конструкції.

Спосіб «горизонтальної нитки і лінійки». Для вимірювання прогинів горизонтально натягується сталевий дріт. Від нього перпендикулярно лінійкою вимірюються відстані до грані елемента (позначки). За цими даними і визначається прогин конструкції.

Зазначені способи об'єднує один значний недолік, а саме, для проведення вимірювань необхідний безпосередній контакт із конструкцією, яка досліджується. В реальних умовах виробництва у більшості випадків такий безпосередній контакт неможливий.

Спосіб тригонометричного нівелювання. Для вимірювання використовується теодоліт і сталевая рулетка. Теодолітом вимірюються вертикальні кути між горизонтом і віссю елемента, рулеткою – горизонтальні відстані від теодоліта до проекції вісі елемента на прийнятий горизонт. Позначки точок вісі елемента визначаються шляхом розв'язання рівнянь

прямокутного трикутника за допомогою тригонометричних функцій.

До недоліків зазначеного способу можна віднести:

1. Складність створення зйомочної основи в умовах виробничого процесу.

2. Трудищі, які пов'язані із вимірюванням горизонтальних відстаней від приладу до проекції вісі елемента на прийнятий горизонт.

3. Складність точного наведення перехрестя сітки ниток зорової труби теодоліта на вісь елемента через погане освітлення, задимленість і запиленість внутрішнього простору цеху.

Наведені недоліки можуть взагалі унеможливити проведення вимірювань даним способом.

Для виконання зазначених робіт пропонується наступний спосіб, який є вдосконаленням способу «горизонтальної нитки і лінійки».

Схема проведення вимірювань наведена на рис. 1.

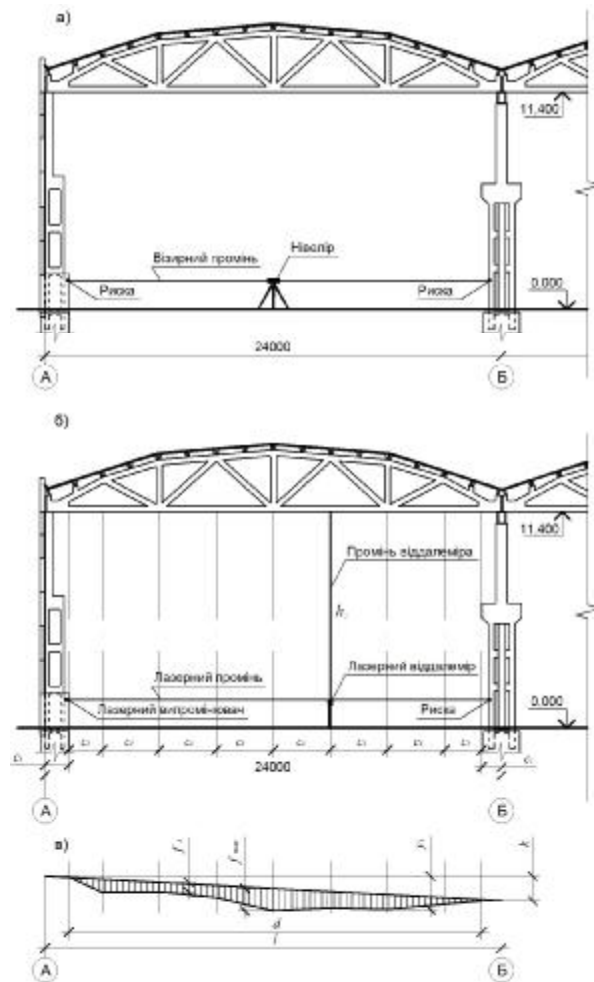


Рисунок 1 – Схема вимірювань:

- а) схема створення умовного горизонту; б) схема встановлення віддалеміра; в) еюра прогинів:
 y_i – ординати вісі елемента; f_i, f_{max} – прогини елемента в точках знімання; k – переки елемента;
 d – горизонтальна відстань між початковою і кінцевою точками знімання

Для прикладу використана поперечна рама промислової будівлі, яка складається із залізобетонних колон і залізобетонної кроквяної ферми покриття. Об'єкт дослідження – кроквяна ферма.

Послідовність виконання операцій:

1. На колонах, за допомогою оптичного нівеліра позначаються риски (рис. 1,а).

2. На одній колоні по ризиці встановлюється лазерний випромінювач і наводиться на риску другої колони (рис. 1,б). Таким чином задається умовний горизонт.

3. По умовному горизонту за допомогою телескопічного штативу встановлюється лазерний віддалемір і виконуються вимірювання позначок нижньої грані елемента h_i . Вимірювання виконуються через визначені відстані c_i (рис. 1,б).

Тангенс кута нахилу вісі елемента визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h^n - h^k}{d}, \quad (1)$$

де h^n, h^k – позначки відповідно початкової і кінцевої точок знімання вісі елемента.

Значення прогинів f_i розраховуються наступним чином:

$$f_i = h^n - h_i - \sum c_i \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

Якщо f_i отримане з від'ємним знаком, тоді конструкція має вигін.

Перекіс конструкції k визначається як

$$k = l \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

Зазначені характеристики можна знайти і графічним методом. Для цього за позначками необхідно побудувати епюру прогинів (рис. 1,в). З'єднати прямою лінією крайні точки і від цієї лінії виміряти прогин і перекіс.

Перевіримо можливість використання даного способу на практиці.

Точність визначення позначок осі елемента визначається, в основному, наступними похибками:

1. Похибки геометричного нівелювання.
2. Похибка у створенні умовного горизонту.
3. Похибка віддалеміра.

Розглянемо більш детально зазначені похибки.

Більшість промислових цехів мають прогони l до 36 м. Таким чином, геометричне нівелювання при створенні умовного горизонту в основному проводиться з плечами L до 20 м. Згідно з [1] середня квадратична похибка погляду по рейці складає при:

$$\begin{aligned} L = 20 \text{ м} & \quad m_n = 0,63 \text{ мм}, \\ L = 50 \text{ м} & \quad m_n = 0,84 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Наведені дані розраховані для нівеліру типу НЗ і шашкової рейки з ціною поділки 10 мм. Виходячи із результатів розрахунків, більш точні прилади використовувати недоцільно.

Похибка у створенні умовного горизонту обумовлена неточним встановленням лазерного випромінювача і наведенням його променя на риску протилежної колони. Ця похибка складає $m_{y2} = \pm 0,5-1,0$ мм. Її можна зменшити шляхом використання вимі-

рювальних приладів типу штангенциркуля з ціною поділки 0,1 мм, але такий підхід вимагає більших витрат часу.

Похибка віддалеміра складається з похибки встановлення приладу за висотою, похибки, яка обумовлена відхиленням променя віддалеміра від вертикальної лінії, і саме власної похибки у вимірюванні відстаней.

При використанні напівпрозорого екрану з міліметровою шкалою похибка встановлення приладу по висоті складає $m_{en} = \pm 0,5$ мм.

Для вимірювання відстаней пропонується використовувати лазерні віддалеміри типу Leica DISTO серій D3 – D5, Bosch GLM і інших зі схожими характеристиками. Точність вимірювання відстаней зазначеними приладами складає $m_h = \pm 1,0$ мм. Віддаль вимірювання без відбивача до 80 м. Точність вмонтованого електронного рівня $\zeta = \pm 0,3^\circ$.

Похибка у відстані через відхилення променя віддалеміра від вертикальної лінії:

$$\Delta h = \frac{h}{\cos \alpha} - h. \quad (4)$$

При вимірюванні відстаней до $h = 50$ м, зазначена похибка складає $\pm 0,69$ мм.

Загальна гранична похибка визначення позначки вісі елемента розраховується за формулою:

$$\Delta H = \sqrt{\sum m_i^2}, \quad (5)$$

де m_i – похибки окремих факторів.

З урахуванням максимальних значень окремих похибок загальна гранична похибка складе при:

$$\begin{aligned} L = 20 \text{ м} & \quad \Delta H = \pm 1,77 \text{ мм}, \\ L = 50 \text{ м} & \quad \Delta H = \pm 1,85 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Таким чином, точність дозволяє проводити вимірювання наведеним способом.

ВИСНОВКИ. Розроблений спосіб дозволяє з достатньою точністю визначати прогини і перекоси недоступних конструкцій промислових будівель і споруд. Максимальна похибка у визначенні позначок точок вісі елемента складає менше 2 мм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хохлов О.Г. Порядок контролю геометричних параметрів підкранових колій при експлуатації мостових і козлових кранів // Вісник КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 1/2005 (30). – С. 70–73.

REFERENCES

1. Khokhlov O.G. The order control geometric parameters under crane's rails by exploitation of the bridge and gantry cranes // Transactions of KSPU. – Kremenchuk: KSPU, 2005. – Number 1/2005 (30). – P. 70–73 [In Ukrainian].

Стаття надійшла 28.12.10.

Рекомендована до друку
к.т.н., доц. Жорняком М.С.