

рухомою у відносних формотворних рухах. Щодо нерухомої системи будемо задавати положення рухливої системи координат.

Для того щоб при обробці відносні рухи виробу й інструмента повністю збігалися з відносними рухами втулки й обойми при експлуатації, необхідно щоб виконувалася наступна залежність:

$$i_M = \frac{d\psi_1}{d\psi_2} = \frac{\psi_1}{\psi_2} = 1 \quad (1)$$

де i_M - передатне відношення муфти або передатне відношення зачеплення й виробу;

$d\psi_1$ і $d\psi_2$ - збільшення кутів повороту поздовжніх осей інструмента й виробу;

ψ_1 і ψ_2 - кутова швидкість обертання інструмента й виробу навколо своїх поздовжніх осей.

Зв'язок між координатами x_1, y_1, z_1 і x_2, y_2, z_2 визначається рівняннями:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 \left(1 - 2 \cos^2 \psi \sin^2 \frac{\omega}{2} \right) - y_2 \sin 2\psi \sin^2 \frac{\omega}{2} - z_2 \cos \psi \sin \omega \\ y_2 &= x_1 \sin 2\psi \sin^2 \frac{\omega}{2} + x_2 \left(1 - 2 \sin^2 \psi \sin^2 \frac{\omega}{2} \right) - z_2 \sin \psi \sin \omega \\ z_2 &= x_1 \cos \psi \sin \omega + y_2 \sin \psi \sin \omega + z_2 \cos \omega \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Формули переходу від x_2, y_2, z_2 до x_1, y_1, z_1 будуть мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_2 \left(1 - 2 \cos^2 \psi \sin^2 \frac{\omega}{2} \right) - y_2 \sin 2\psi \sin^2 \frac{\omega}{2} - z_2 \cos \psi \sin \omega \\ y_1 &= x_2 \sin 2\psi \sin^2 \frac{\omega}{2} + x_2 \left(1 - 2 \sin^2 \psi \sin^2 \frac{\omega}{2} \right) - z_2 \sin \psi \sin \omega \\ z_1 &= x_2 \cos \psi \sin \omega + y_2 \sin \psi \sin \omega + z_2 \cos \omega \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Рівняння контактних ліній у системі інструмента після відповідних перетворень приймуть наступний вид:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= r_b [\sin(\varphi - \varphi_c) - \varphi \cos(\varphi - \varphi_c)] \\ y_1 &= r_b [\cos(\varphi - \varphi_c) - \varphi \sin(\varphi - \varphi_c)] \\ z_1 &= \frac{r_b \operatorname{tg} \omega / 2}{\sin(\psi + \varphi - \varphi_c)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Рівняння системи (4) дозволяють знайти положення лінії контакту зубів на профілі зуба інструмента (обойми) залежно від кута повороту зачеплення ψ при обертанні.

Якщо ж рівняння (4) записати в системі x_2, y_2, z_2 , ми одержимо параметричні рівняння профілю як сукупності контактних ліній у системі x_2, y_2, z_2 . Після підстановки рівнянь (4) в (2) рівняння поверхні зубців виробу будуть мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + 2A_1 r_b \cos \psi \sin^2 \frac{\omega}{2} \\ y_2 &= y_1 + 2A_1 r_b \sin \psi \sin^2 \frac{\omega}{2} \\ z_2 &= A_2 - (x_1 \cos \psi + y_1 \sin \psi) \sin \omega \\ A_1 &= \cos(\psi + \varphi - \varphi_c) [\operatorname{ctg}(\psi + \varphi - \varphi_c) + \varphi] \\ A_2 &= \frac{r_b \cos \omega \operatorname{tg} \omega / 2}{\sin(\psi + \varphi - \varphi_c)} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Таким чином, застосовуючи розглянутий вище спосіб нарізування зубів і виконуючи умови $\omega \leq \gamma$, $c_r \geq c_0$; $\psi = 0$, можна практично виключити вплив похибок виготовлення зубчастих вінців і кута перекоосу осей на розподіл навантаження між зубами.

На перше місце при цьому виходить нерівномірність деформації пари зубів, обумовлена тим, що початкова точка контакту пари зубів переміщається по ширині й висоті зуба й визначається кутами ω , φ_i і геометрією робочих профілів зубів.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ

О.В. Шишненко, ст. гр. БП-12М,

С.О. Джирма, доц., канд. техн. наук,

В.В. Яцун, канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Зростання урбаністичної забудови великих міст пов'язане насамперед з високою вартістю землі в центральних районах, з використанням реклами у престижних цілях великими діловими і фінансовими компаніями, із розвитком туризму тощо. Проблема збільшення поверховості житлових і громадських будівель в містах України стає, таким чином, дедалі гострішою і актуальною.

Забезпечення надійності багатоповерхових каркасно-монолітних будівель – одне з головних завдань натурних спостережень та експериментальних досліджень.

Зростання обсягів будівництва багатоповерхових каркасно-монолітних будівель в містах України вимагає від учених, проектувальників та будівельників вирішення низки завдань. До них належить вирішення комплексних питань точності зведення монолітних конструкцій у сучасних умовах, включаючи дослідження можливості застосовуваних комплектів опалубки формувати конструкції з геометричними параметрами, що вимагаються, розробку державних нормативних документів, що передбачають вимоги до нормування відхилень конструкцій від проектного положення, геодезичне забезпечення зведення будівель та інші.

Виконаний аналіз наукових досліджень свідчить про необхідність системного підходу до технологічного проектування будівництва багатоповерхових будівель із монолітного залізобетону. Особливої уваги заслуговує вибір систем опалубок для зведення монолітних конструкцій з необхідною якістю. Як показує досвід будівництва, в окремих випадках опалубка коштує дорожче, ніж бетон і арматура, разом узяті. Пошкодження опалубки призводить до відхилення конструкцій від проектних розмірів і як наслідок, до подорожчання будівництва таких будівель. Найширшого застосування у будівництві багатоповерхових каркасно-монолітних будівель у містах України набувають опалубні системи фірм DOKA і PERI.

Водночас визначено, що на якість зведення конструкцій впливає ціла низка чинників, у тому числі способи подачі бетонної суміші в опалубку. Дослідження показали, що в багатьох випадках спосіб "кран-бадя" стає причиною, що призводить до відхилення конструкцій від проектного положення. Тому доцільно рекомендувати для бетонування вертикальних конструкцій подачу бетону бетононасосами з розподільними стрілами.

Як відомо, рівень розробки нормативно-технічної документації в Україні значною мірою відстає від темпів та обсягів будівництва багатоповерхових каркасно-монолітних будівель. З огляду на те, що ця робота присвячена питанням точності геометричних параметрів несучих конструкцій, які визначають точність зведення будівель в цілому, основна увага приділялась точності зведення колон та стін, які є основними несучими елементами в каркасно-монолітних будівлях.

Основним методом, що застосовується при геодезичних роботах в багатоповерховому будівництві, на цей час є метод вертикального проектування, тобто проектування точок планової опорної основи на монтажні горизонти.

У процесі роботи було виконано дослідження точності зведення конструкцій на різних горизонтах багатоповерхових будівель, унаслідок чого визначено, що сучасні методи геодезичного забезпечення та високоточні геодезичні інструменти дають можливість зводити конструкції з високою точністю. На відміну від будівництва висотних будівель із збірного залізобетону, де точність відповідно до існуючих норм могла знижуватись у міру переходу на вищу відмітку, в каркасно-монолітному будівництві точність, як показали дослідження, не залежить від позначки, на якій ведуться роботи та їх геодезичний супровід. Як показує аналіз побудованих за даними виконавчих геодезичних зйомок гістограм, в окремих випадках відхилення колон від вертикальної осі на перших поверхах значно перевищує їх відхилення на останніх.

Аналіз нормативних документів України та країн ближнього зарубіжжя свідчить про відсутність в них регламентації допусків на відхилення конструкцій від проектного положення. Як відомо, для розробки нормативних документів, що регламентують точність геометричних параметрів зведення конструкцій, необхідно чимало статичних даних про положення конструкцій після їх зведення, а також обробка їх методами теорії ймовірності.

Відомо, що аналіз точності геометричних параметрів конструкцій багатоповерхових каркасно-монолітних будівель не тільки дає інформацію про точність зведення будівель, але може бути використаний для визначення нормативних допусків зведення конструкцій при розробці державних будівельних норм.

У роботі виконано комплекс досліджень, спрямованих на визначення характеристик точності геометричних параметрів зведення конструкцій багатоповерхових каркасно-монолітних будівель.

Для обробки результатів геодезичних зйомок були використані методи математичної статистики: визначення характеристик генеральної сукупності за даними вибірками критерію Пірсона "χ² - квадрат" при визначеності збіжності з нормальним емпіричним розподілом. Емпіричний розподіл було задано у вигляді послідовності інтервалів (x_i, x_{i+1}) і відповідних їм частот n_i (сума значень, які потрапили в i-й інтервал).

З використанням критерію Пірсона перевірялася гіпотеза про те, що генеральна сукупність X розподілена нормально.

Із рівнем значущості α перевірка гіпотези про нормальне розподілення генеральної сукупності виконувалась шляхом визначення вибіркової середньої і вибіркового середнього квадратичного відхилення.

У нашому випадку диференціальна функція розподілення для досліджуваних об'єктів, має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

Всього у роботі досліджено положення понад 6000 колон.

Установлено, що відхилення колон від вертикальних осей відповідають закону нормального розподілення, що свідчить про високу статичну однорідність і стабільність технологічного процесу зведення багатоповерхових каркасно-монолітних будівель.

Виходячи з отриманих середньоквадратичних відхилень колон досліджених будівель, зроблено висновок, що їх допустиме відхилення може бути визначене в межах ±15 мм.

Для отримання числових результатів, що характеризують зміни напруженого стану при їх відхиленні від вертикальних осей, за допомогою комплексу SCAD версія 11.2 виконано числовий експеримент на моделі розрахункової схеми 27-поверхової будівлі.

Результати експерименту свідчать про те, що найбільші зміни в зусиллях виникають в колонах, розташованих на 3 поверсі 27-поверхового будинку при їх відхиленні від вертикальної осі до 20 мм. Величина зусиль при цьому збільшується на 60-70%.

У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень в роботі вирішено завдання технологічного забезпечення й нормування точності геометричних параметрів вертикальних конструкцій багатоповерхових каркасно-монолітних будівель.

Встановлено, що в технологічному процесі зведення багатоповерхових каркасно-монолітних будівель головним є бетонування конструкцій. При цьому якість конструкцій, що зводяться, і насамперед один із її головних показників – точність геометричних параметрів – залежить від застосованих опалубних систем та їх характеристик.

Показано, що широко вживані при зведенні багатоповерхових каркасно-монолітних будівель в Україні системи опалубок фірм DOKA і PERI є досить ефективними і дозволяють зводити будівлі з високою точністю геометричних параметрів конструкцій.

МЕТОДИКА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЬОВАНОГО НАСТИЛУ В СЕРЕДОВИЩІ MICROSOFT EXEL

А.В. Шульга, магістрант,
І.О. Скриннік, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Сталеві профільовані настили (СПН) широко використовуються в будівництві в якості огорожувальних конструкцій покрівель та стін [1]. Різноманітність виробників та профілів СПН обумовлює необхідність проведення випробувань з метою встановлення несучої