

УДК 69.057

к.т.н., доц. Г.М.Тонкачєв, Л.А.Лєпська,  
Київський національний університет будівництва та архітектури

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІКСАТОРІВ ДЛЯ МОНТАЖУ ЗБІРНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Розглядають різні ситуації з переміщенням конструкцій і елементів з точки зору допустимих відхилень, які фіксуються кутом повороту конструкцій в просторі при певних співвідношеннях параметрів конструкцій і технологічної обмежувачої оснастки. Пропонуються вирішення поставленої проблеми за рахунок правильного формування і вибору модулів обмежувачів і фіксаторів для посадки і фіксації збірних конструкцій.*

**Ключові слова:** орієнтування, фіксація, технологічна обмежувача оснастка, модуль обмежувач, фіксатор, допуск, зазор

**Актуальність теми.** Стадія остаточного завершення переміщення при з'єднанні конструкцій пов'язана з допусками лінійних розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь елементів і модулів [1].

Ситуації завершальної стадії переміщення конструкції при обмежувачій дії пристроїв оснастки та опору характеризується ступенем обмеження переміщення конструкцій в просторі, може бути – внутрішнє обмеження поодиноким модулем.

Опорні поверхні і модулі оснастки, які створюють замкнутий простір, обмежують вихід елемента при його установці за поле допуску  $\delta d_x$  в одному з напрямків. При посадці конструкцій і зніманні між бічними протилежними поверхнями опору може виникнути і виникає заклинювання конструкції, якщо, раптом вона повернеться у вертикальній площині на кут  $\Psi$ . Така ж ситуація виникає і при повороті конструкції в горизонтальній площині.

**Мета та задачі дослідження.** Підвищення точності монтажу конструкцій за рахунок правильного формування і вибору модулів обмежувачів і фіксаторів для посадки і фіксації конструкцій для збірного будівництва.

**Матеріал дослідження.** Для визначення оптимального значення зазору  $d_x$  експериментальним шляхом моделювалися різні ситуації, при яких  $d_x = 0$  (рис.1). При проведенні експерименту передбачалося, що розмір зазору  $d_x$  залежить від співвідношення  $d_k$  и  $d_f$ , і від співвідношення висота фіксуемого або фіксованого елемента  $h_k$  і конструктивного значення зазору  $d_x^0$ . Також враховувалося, що і абсолютні значення величин  $h_k$ ,  $d_f$  і  $d_k$  впливають на параметр  $d_x$ .

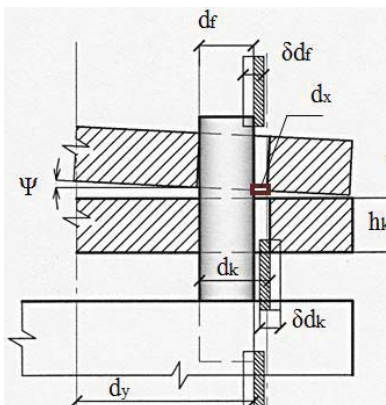


Рис. 1. Модель модуля фіксатора для проведення експерименту.

Параметр  $d_x^0$  є визначальним і приймався за правилами конструювання з'єднань типу отвір стержень, для болтових сполучень і стержневих модулів фіксаторів [2] -  $d_x^0 = 1, 2, 3, 4, 5$  мм. Параметр  $h_{k(f)}$  для стержневих модулів внутрішнього обмеження за правилами конструювання приймалися такі значення:  $h_{k(f)} = 12, 16, 20$  мм.

Для обробки даних використовувалися методи математичної статистики [3], а саме: а саме формула Лапласа та критерій Пірсона.

Підрахунок залежності  $h_k$  від кута повороту конструкції у вертикальній площині  $\Psi$  для точкових одиночних модулів при зазорі  $d_x = 1$  наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

## Емпіричний розподіл

| hk=12                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (X <sub>i1</sub> , X <sub>i2</sub> ) | 0;1   | 1;2   | 2;3   | 3;4   | 4;5   | 5;6   | 6;7   | 7;8   | 8;9   | 9;10  | 10;11 | 11;12 |
| xi                                   | 0,5   | 1,5   | 2,5   | 3,5   | 4,5   | 5,5   | 6,5   | 7,5   | 8,500 | 9,5   | 10,5  | 11,5  |
| ni                                   | 39    | 35    | 31    | 27    | 22    | 18    | 15    | 12    | 9,000 | 7     | 4     | 2     |
| Wi                                   | 0,176 | 0,158 | 0,140 | 0,122 | 0,100 | 0,081 | 0,068 | 0,054 | 0,041 | 0,032 | 0,018 | 0,009 |

На основі даних таблиці було обчислено :

$$\tilde{O}_A = \frac{\sum_{s=1}^N x_i^* \cdot n_i}{n} = \sum_{s=1}^N x_i^* \cdot W_i = 3,79 \text{ мм}; \quad (1)$$

$X_B$  – середнє вибірки;

$n_i$  – частота;

$x_i$  – середина інтервалу;

$n$  – об'єм вибірки;

$w_i$  – вибіркова частота

$$D_B = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^{*2} \cdot n_i}{n} - (x_B^*)^2 = \sum_{i=1}^N x_i^{*2} \cdot W_i - (x_B^*)^2 = 22,17 \text{ мм}, \quad (2)$$

$D_B$  – дисперсія

$$\sigma_B = \sqrt{D_B} = 4,71 \text{ мм} \quad (3)$$

$\sigma_B$  – середньоквадратичне відхилення.

Після переходу до випадкової величини були підраховані кінці інтервалів  $Z_i$  і  $Z_{i+1}$ . При цьому  $Z_{\min} = -\infty$ , а  $Z_{\max} = +\infty$  (табл. 2 – 3).

Таблиця 2

Знаходження теоретичної частоти на основі формули Лапласа

| i        | $X_i$ | $X_{i+1}$ | $X_i - X_B$ | $X_{i+1} - X_B$ | $Z_i$     | $Z_{i+1}$ | $\Phi(Z_i)$ | $\Phi(Z_{i+1})$ | $P_i$ | $n_i^*$   |
|----------|-------|-----------|-------------|-----------------|-----------|-----------|-------------|-----------------|-------|-----------|
| 1        | 0     | 1         | -3,79       | -2,79           | $-\infty$ | -0,592    | -0,5        | -0,2224         | 0,278 | 61,34960  |
| 2        | 1     | 2         | -2,79       | -1,79           | -0,592    | -0,380    | -0,2224     | -0,1406         | 0,082 | 18,07780  |
| 3        | 2     | 3         | -1,79       | -0,79           | -0,380    | -0,168    | -0,1406     | -0,0636         | 0,077 | 17,01700  |
| 4        | 3     | 4         | -0,79       | 0,21            | -0,168    | 0,045     | -0,0636     | 0,016           | 0,080 | 17,59160  |
| 5        | 4     | 5         | 0,21        | 1,21            | 0,045     | 0,257     | 0,016       | 0,0987          | 0,083 | 18,27670  |
| 6        | 5     | 6         | 1,21        | 2,21            | 0,257     | 0,469     | 0,0987      | 0,1172          | 0,019 | 4,08850   |
| 7        | 6     | 7         | 2,21        | 3,21            | 0,469     | 0,682     | 0,1172      | 0,2517          | 0,135 | 29,72450  |
| 8        | 7     | 8         | 3,21        | 4,21            | 0,682     | 0,894     | 0,2517      | 0,3133          | 0,062 | 13,61360  |
| 9        | 8     | 9         | 4,21        | 5,21            | 0,894     | 1,107     | 0,3133      | 0,3643          | 0,051 | 11,27100  |
| 10       | 9     | 10        | 5,21        | 6,21            | 1,107     | 1,319     | 0,3643      | 0,4049          | 0,041 | 8,97260   |
| 11       | 10    | 11        | 6,21        | 7,21            | 1,319     | 1,531     | 0,4049      | 0,437           | 0,032 | 7,09410   |
| 12       | 11    | 12        | 7,21        | 8,21            | 1,531     | $+\infty$ | 0,437       | 0,5             | 0,063 | 13,92300  |
| $\Sigma$ |       |           |             |                 |           |           |             |                 | 1,000 | 221,00000 |

де  $P_i = \Phi(Z_{i+1}) - \Phi(Z_i)$  – ймовірність попадання  $X$  в інтервали  $(x_i, x_{i+1})$ ;  $\Phi(Z)$  – функція Лапласа.

За допомогою таблиці критичних точок розподілу  $\chi^2$  була знайдена критична точка правосторонньої області  $\chi_{кр}^2(\alpha, k)$ .

Якщо  $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2$ , то немає причин не прийняти гіпотезу нормального розподілу генеральної сукупності. Якщо  $\chi_{набл}^2 > \chi_{кр}^2$ , гіпотеза відкидається.

Оскільки  $\chi_{набл}^2 = 14,746 < \chi_{кр}^2$  і  $\chi_{набл}^2 = 11,183 < \chi_{кр}^2$  і так як  $\chi_{кр}^2(0,01;5) = 15,1$ ,  $\chi_{кр}^2(0,01;9) = 21,7$  то була прийнята гіпотеза нормального розподілу.

Параметрами нормального розподілу  $a$  і  $\sigma$  можна вважати:

$$a = x_B^* = 3,79 \text{ мм}; \sigma = 4,71 \text{ мм}.$$

По аналогії були розглянуті характеристики  $dx^0=1$  при  $hk=16$

Звідки  $\sigma=4,21$  мм.  $x_B^* = 3,07$  мм і  $D_B=17,73$ ,

Оскільки  $\chi_{набл}^2 = 6,88 < \chi_{кр}^2$ , и  $\chi_{кр}^2(0,01;9) = 21,7$ , була прийнята гіпотеза

нормального розподілу. В цьому випадку параметри нормального розподілу:  $a = 3,07$  мм;  $\sigma = 4,21$  мм.

Для  $dx^0=1$  при  $hk=20$  маємо  $\sigma=3,40$  мм.  $x_e^* = 2,11$  мм і  $D_e=11,56$

Оскільки  $\chi^2_{набл}=5.096 < \chi^2_{кр}$ , и  $\chi^2_{кр}(0,01;9)=21,7$ , була прийнята гіпотеза нормального розподілу. В цьому випадку параметри нормального розподілу:  $a = 2,11$  мм;  $\sigma = 3,40$  мм.

Таблиця 3

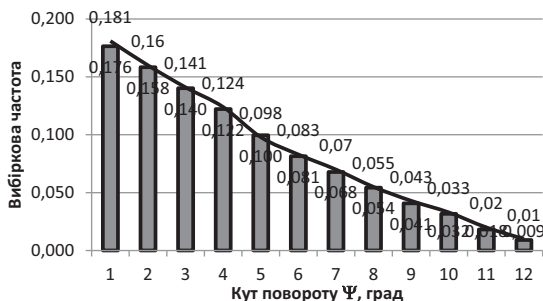
Походження критерія згоди Пірсона

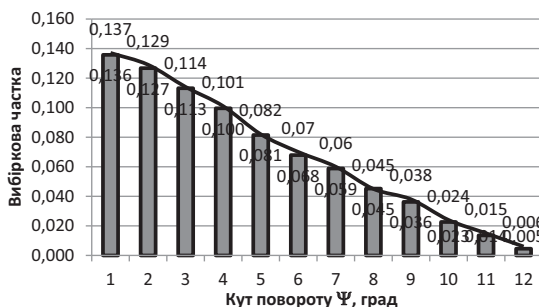
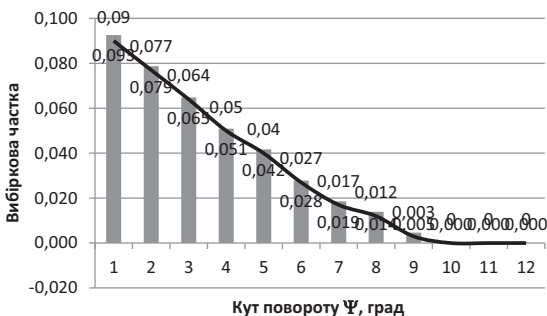
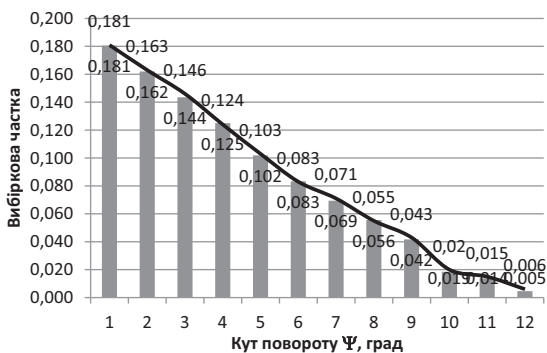
| i  | ni     | ni*      | ni-ni*  | (ni-ni*) <sup>2</sup> | (ni-ni*) <sup>2</sup> /ni* |
|----|--------|----------|---------|-----------------------|----------------------------|
| 1  | 39,000 | 61,34960 | -22,350 | 499,505               | 0,573                      |
| 2  | 35     | 18,07780 | 16,922  | 286,361               | 0,483                      |
| 3  | 31     | 17,01700 | 13,983  | 195,524               | 0,451                      |
| 4  | 27     | 17,59160 | 9,408   | 88,518                | 0,348                      |
| 5  | 22     | 18,27670 | 3,723   | 13,863                | 0,169                      |
| 6  | 18     | 4,08850  | 13,912  | 193,530               | 0,773                      |
| 7  | 15     | 29,72450 | -14,725 | 216,811               | 0,982                      |
| 8  | 12     | 13,61360 | -1,614  | 2,604                 | 0,134                      |
| 9  | 9      | 11,27100 | -2,271  | 5,157                 | 0,252                      |
| 10 | 7      | 8,97260  | -1,973  | 3,891                 | 0,282                      |
| 11 | 4      | 7,09410  | -3,094  | 9,573                 | 0,774                      |
| 12 | 2      | 13,92300 | -11,923 | 142,158               | 5,962                      |
| Σ  | 221    | 221      |         |                       | 11,183                     |

Графіки диференціальної функції розподілу і гістограми вибірових частот відхилення для зазору  $dx^0=1$  при  $hk=12$  та  $dx^0=1$  при  $hk=16$  для кута повороту конструкції у вертикальній площині  $\Psi=1 \dots 12$  представлені на рис.2-3.

По аналогії були проведені розрахунки для  $dx^0=2$  при  $hk=12, 16, 20$ ,  $dx^0=3$  при  $hk=12, 16, 20$ ,  $dx^0=4$  при  $hk=12, 16$ . І прийнята гіпотеза нормального розподілу також підтвердилась.

Для значень  $dx^0=4$  при  $hk=20$  та  $dx^0=5$  при  $hk=12, 16, 20$  гіпотеза не підтвердилася, що видно з рис.4-5.

Рис. 2 Розподіл вибірових частот для  $dx^0 = 1$  і  $h_k = 12$

Рис. 3 Розподіл вибіркової частки для  $d_x^0 = 1$  і  $h_k = 16$ Рис. 4 Розподіл вибіркової частки для  $d_x^0 = 4$  і  $h_k = 20$ Рис. 5 Розподіл вибіркової частки для  $d_x^0 = 5$  і  $h_k = 12$ 

За допомогою критеріїв Пірсона ми дослідили гіпотезу про те, що генеральна сукупність  $x_g^*$  розподілена нормально для значення  $dx^0=1$  при  $hk=12,16,20$ ,  $dx^0=2$  при  $hk=12,16,20$ ,  $dx^0=3$  при  $hk=12,16,20$ ,  $dx^0=4$  при  $hk=12,16$ , а при значення  $dx^0=4$  при  $hk=20$  та  $dx^0=5$  при  $hk=12, 16, 20$  гіпотеза виявилась невірною. З розрахунків за допомогою математичної статистики видно, що зі збільшенням висоти обмежуючого елемента конструкції що монтується і кута

повороту величина зазору різко зменшується це значить, що для модулів фіксаторів типу штир-отвір (болтове або просто штирове з'єднання) рекомендується зменшувати висоту  $h_k$  до мінімально можливого значення, при обмеженні кута повороту до  $3^\circ$ . Для цього необхідно використовувати модулі маніпулятори з точністю позиціонування монтованих конструкцій  $\Psi = 2 \pm 1^\circ$ . Не рекомендується встановлювати зазори в модулях менше 2 мм.

**Висновок.** Результати досліджень є базовими для проведення експериментів з технологічним оснащенням для орієнтування і фіксації монтованих конструкцій в просторі.

### Перелік використаної літератури

1. Тонкачєєв Г.М. Підвищення точності монтажу конструкцій шляхом зменшення похибок при виконанні операцій орієнтування і встановлення: / Г.М. Тонкачєєв, Л.А. Лєпська // Містобудування та територіальне планування: наук. техн. Збірник. – К.:КНУБА, 2011. - Вип. 41. - С. 439-444.
2. Персион А.А. Справочник монтажника специальных сооружений / А.А.Персион, Ю.И.Седых, Ю.Н.Маркман.–Киев. Будівельник, 1976. – 252с.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей. - М., 1964. – 576 с.

### Аннотация

В статье рассматриваются разные ситуации с перемещением конструкций и элементов с точки зрения предельных отклонений, которые фиксируются углом поворота конструкций в пространстве при определенных соотношениях параметров конструкций и технологической ограничивающей оснастки. Предлагается решение поставленной проблемы за счет правильного формирования и выбора модулей ограничителей и фиксаторов для посадки и фиксации конструкций для сборного строительства.

**Ключевые слова:** ориентирование, фиксация, технологическая ограничивающая оснастка, модуль ограничитель, фиксатор, допуск, зазор.

### Annotation

The article considers different situations with movement of constructions and elements from the point of view of permissible variations that are fixed by the turning angle of construction in space at certain correlations of construction parameters and technological restrictive equipment. As the solution to this problem is offered correct forming and selection of modules of limiters and latches for installation and fixation of prefabricated constructions.

**Key words:** Orientation, fixation, technological restrictive equipment, module, limiter, latch, permissible variation, gap.