

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСУ З ЛСТК ОБШИТИХ
ЛИСТАМИ МАЛОЇ ЖОРСТКОСТІ**

д.т.н., проф. М.В. Савицький, к.т.н., доц. А.М. Зінкевич, інж. О.Г. Зінкевич

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Вступ

Для зведення малоповерхових будівель і надбудови існуючих будинків при реконструкції все більше застосування знаходять каркасні технології, зокрема каркаси, виконані з тонкостінних сталевих холодногнутих профілів.

Оскільки розглянуті профілі характеризуються різною жорсткістю щодо центральних осей, врахування розкріплення листами обшивки елементів каркасу дозволяє значно зменшувати їх розрахункову довжину в площині меншої жорсткості – досягнення рівності граничних стискаючих зусиль при втраті стійкості в різних площинах.

Врахування участі обшивки в роботі елементів каркасу приводить до ускладнення розрахунку, але дозволяє більш раціонально використовувати переріз елементів.

Постановка проблеми

В даній роботі розглядається стінова конструкція як система фахверкових стійок з сталевих холодногнутих тонкостінних профілів, з'єднаних з листами обшивки.

Граничні осьові навантаження на вертикальний фахверковий елемент каркасу стінової панелі (рис. 1, а) при центральному стиску визначалися для:

- згинної форми втрати стійкості в площині більшої жорсткості N_{cr1} (тип 1, розрахункова довжина 2.8 м);
- згинної форми втрати стійкості в площині меншої жорсткості N_{cr2} (тип 2, розрахункова довжина 1.2 м);
- згинно-крутильної форми втрати стійкості елементом, розрахунковою довжиною 1.2 м - N_{cr3} ;
- згинної форми втрати стійкості в площині меншої жорсткості N_{cr4} , розрахункова довжина елемента $\ell_{ef}=300$ мм (між закріпленнями);
- згинно-крутильної форми втрати стійкості елементом, розрахунковою довжиною $\ell_{ef}=300$ мм (між закріпленнями) - N_{cr5} .

В якості елементів каркасу стінової конструкції розглядалися сталі тонкостінні профілі за ТУ У В.2.6- 27.3-02070772-001:2009 [1].

Схема стінової конструкції та результати визначення граничних осьових навантажень на фахверкові елементи [2] наведені на рис. 1.

Виходячи з отриманих результатів, врахування розкріплення елементів каркасу дозволяє значно підвищити їхню несучу здатність за рахунок виключення окремих форм втрати стійкості та зменшення розрахункової довжини. При цьому, обшивка не розглядається як складова комплексного елемента при сприйнятті зовнішніх зусиль, а виконує функцію зв'язків, що сприймають в точках закріплення умовну поперечну силу.

Розкріплення фахверкового елемента стінової конструкції обшивкою перешкоджає втраті стійкості при згинній формі в площині меншої жорсткості та згинно - крутильній формі. Це дозволяє не враховувати при підборі перерізу граничні навантаження N_{cr2} і N_{cr3} , що знижують несучу здатність фахверкового елемента до 50%.

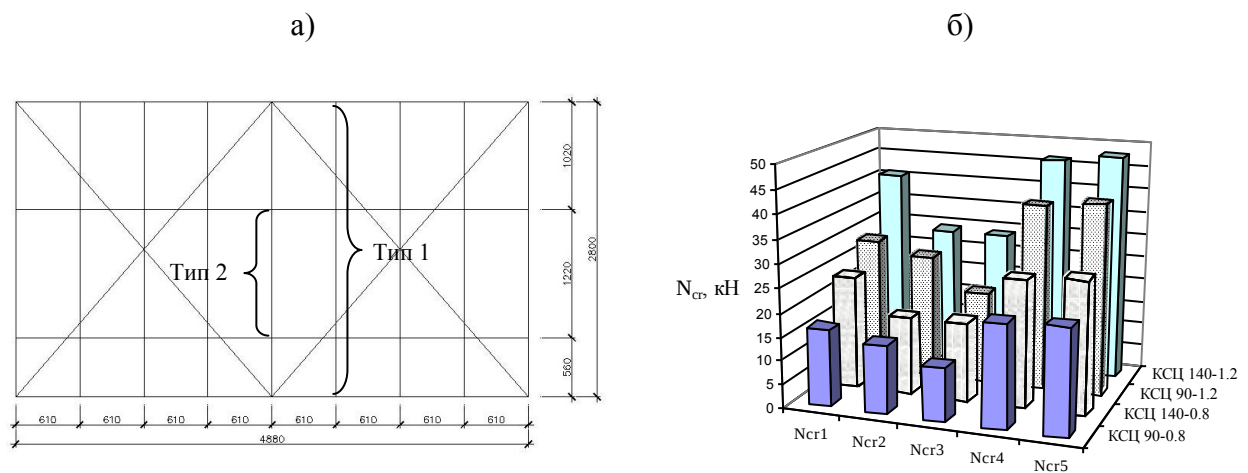


Рис. 1. Типова схема стінової конструкції (а) та граничні осьові стискаючі зусилля для її фахверкових елементів каркасу (стійок) (б)

Оскільки матеріали, які переважно застосовуються для обшивання каркасів малоповерхових будівель із ЛСТК (орієнтовано стружкові плити (ОСП), цементно-стружкові плити (ЦСП), гіпсо-картонні та гіпсо-волокнисті листи (ГКЛ, ГВЛ) та ін.) мають відносно малу жорсткість, необхідно розглянути вплив вузлів закріплення стійки як пружних опор з визначеною жорсткістю (податливістю) на розрахункову довжину елементів при розрахунку на стійкість в площині меншої жорсткості.

Мета роботи

Мета даної роботи полягала в оцінці впливу податливості вузлів з'єднання стиснутих стійок каркасу стінової конструкції з листами обшивки на розрахункову довжину елементів в площині меншої жорсткості. А також, співставлення значень коефіцієнтів розрахункової довжини, отриманих за різними методиками.

Методики розрахунку

Задача визначення коефіцієнта вільної довжини для нерозрізного стиснутого стержня на пружних опорах розглянута в [3]. Розрахункова схема стержня наведена на рис. 2.

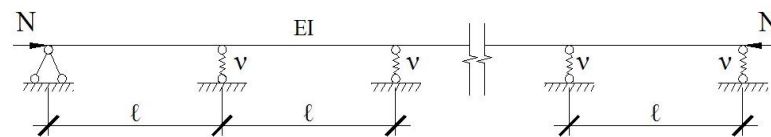


Рис. 2. Розрахункова схема стиснутого стержня на пружних опорах.

Розрахункова довжина стиснутого елемента ℓ_{ef} зв'язана з його геометричною довжиною ℓ залежністю

$$\ell_{ef} = \mu \ell \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт розрахункової (вільної) довжини елемента.

Значення коефіцієнта розрахункової довжини μ встановлюється з урахуванням коефіцієнта жорсткості m , що для даної задачі визначається

$$m = \frac{v \ell^3}{EI} \quad (2)$$

де ν – зусилля, що відповідає одиничному лінійному переміщенню пружної опори, кН/см; ℓ – відстань між пружними опорами (вузлами кріплення); EI – згинна жорсткість елемента.

Залежність коефіцієнта розрахункової довжини μ від коефіцієнта жорсткості m для розглянутої розрахункової схеми наведена на рис. 3.

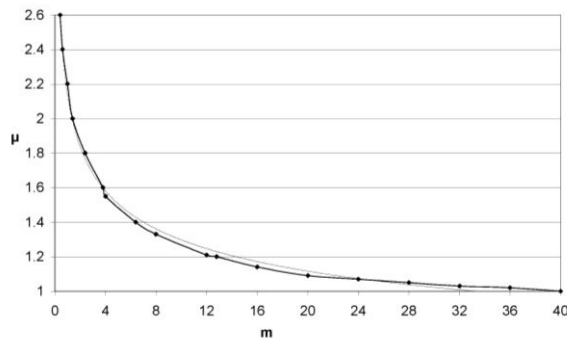


Рис. 3. Залежність коефіцієнта розрахункової довжини μ від коефіцієнта жорсткості m для нерозрізного стиснутого стержня на пружних опорах [3]

Значення коефіцієнта жорсткості m обмежується граничним m_0 і у випадку $m \geq m_0$ коефіцієнт розрахункової довжини приймається $\mu = 1$.

Також, вплив жорсткості (податливості) зв'язків між стійками каркасу та листами обшивки на розрахункову довжину в площині меншої жорсткості оцінювався на основі моделей методом скінчених елементів (МСЕ).

Розрахунок моделі стінової конструкції виконувався в ПК «Ліра». Пружні зв'язки між вузлами моделювались СЕ 55, призначеним для врахування податливості зв'язку між суміжними вузлами. В кожному вузлі присутні по шість ступенів свободи, визначених щодо осей глобальної системи координат. У результаті розрахунку обчислюються зусилля в зв'язках, накладених уздовж відповідних осей.

Фрагмент моделі конструкції стіни наведений на рис. 4.

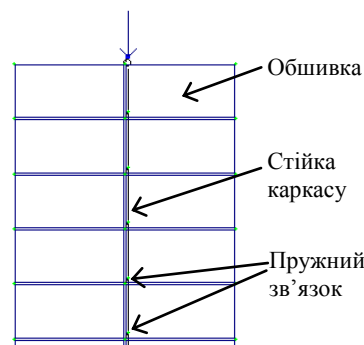


Рис. 4. Фрагмент моделі конструкції стіни.

Розглянута модель дозволяє врахувати величини пружних зв'язків, отриманих експериментальним шляхом і оцінити просторову жорсткість та стійкість елементів конструкції з врахуванням їх фактичної взаємодії. Крім того, отримані при розрахунку зусилля в зв'язках дозволяють оцінити несучу здатність використаних з'єднувальних елементів (самонарізаючих гвинтів, заклепок, болтів).

Результати визначення коефіцієнтів розрахункової довжини

Для співставлення значень розрахункової довжини, отриманих за розрахунковою методикою та МСЕ, розглянута стінова конструкція з наступними параметрами:

-крок стійок каркаса 600 мм, прийняті типорозміри профілів КСЦ 90-0.8, КСЦ 90-1.2, КСЦ 140-0.8, КСЦ 140-1.2 [1]; крок вузлів кріплення обшивки прийнятий 300 мм, при цьому врахована відмова одного проміжного кріплення [4] - розглядається фрагмент стійки довжиною 600 мм;

-значення жорсткості пружних зв'язків приймалися за експериментальними даними [5], та прийняті $v=2\text{кН/см}$, $v=4\text{кН/см}$, $v=8\text{кН/см}$ усереднено для різних матеріалів обшивки, видів з'єднувального елемента і т.д.

Результати визначення коефіцієнтів розрахункової довжини для фрагменту стержня між вузлами кріплення листів обшивки при розрахунку на стійкість у площині меншої жорсткості, отримані за розрахунковою методикою та МСЕ, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти розрахункової довжини для стержня між вузлами кріплення листів обшивки при розрахунку на стійкість у площині меншої жорсткості

Профіль	Коефіцієнт розрахункової довжини μ при характеристиках обшивки та діаметрі з'єднуючих гвинтів									
	ГКЛ 9,5мм Ø3,51мм		ГКЛ 12,5мм Ø3,51мм		ГКЛ 16мм Ø3,51мм		ГКЛ 12,5мм Ø4,17мм		ОСП 9мм Ø4,17мм	
	[3]	МСЕ	[3]	МСЕ	[3]	МСЕ	[3]	МСЕ	[3]	МСЕ
КСЦ 90-0.8	1.41	1.3	1.38	1.27	1.34	1.23	1.3	1.19	1.11	1.01
КСЦ 90-1.2	1.53	1.42	1.5	1.39	1.46	1.35	1.41	1.3	1.21	1.1
КСЦ 140-0.8	1.49	1.36	1.42	1.31	1.38	1.27	1.34	1.22	1.14	1.03
КСЦ 140-1.2	1.57	1.46	1.54	1.43	1.5	1.39	1.45	1.34	1.24	1.13

Висновки

1. При розрахунку елементів каркасів із ЛСТК на стійкість в площині меншої жорсткості їх розрахункову довжину необхідно визначати з врахування податливості вузлів кріплення з листами обшивки

2. Розбіжність значень коефіцієнтів вільних довжин для стержнів із пружними розкріпленнями для двох методик визначення не перевищує 10%. Виходячи з цього можна зробити висновок що обидві методики дають прийнятні для оцінки несучої здатності стержнів значення μ . Розрахункова методика може застосовуватися для перевірки несучої здатності окремих стержнів, а прийнята схема моделювання розкріплення – при розрахунку каркасів будівель у програмних комплексах.

Використана література

1. ТУ У В.2.6- 27.3-02070772-001:2009. Профілі холодногнуті з тонколистової оцинкованої сталі. Технічні умови.
2. Савицкий Н. В. Анализ работы элементов каркасов малоэтажных зданий из тонкостенных холодногнутых профилей [Текст] / Н. В. Савицкий, О. Г. Зинкевич, А. Н. Зинкевич // Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение., Вып. №48. ч.2. – Дн-ск: ПГАСА, 2009. - С.214-218.
3. Лейтес С. Д. Справочник по определению свободных длин элементов стальных конструкций [Текст] / С. Д. Лейтес. – М., 1963. - 161 с.
4. Yu W.W. Cold-form steel design [Текст] / Yu W.W. 3rd ed. 2000. – 767 p.
5. Iuorio O. Compilation of k values [Електрон. ресурс] / O. Iuorio, B.W. Schafer; Johns Hopkins University. – 2008 – Режим доступу: <http://www.ce.jhu.edu/bschafer/sheathedwalls>.