

6. ДБН В.2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків. – К. Мінрегіонбуд, України 2009. 7. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. Зовнішні мережі та споруди. Інженерне обладнання будинків і споруд. – К.: Мінрегіонбуд, України, 2009. – 56 с. 8. Патент на винахід. Система водяного опалення Петраш В.Д. з проміжним розміщенням теплогенератора. Петраш В.Д., Басіст Д.В. – Бюл. 8. – 2011, ДП “Український інститут промислової власності”. – К., 2012. 9. Петраш В.Д., Басіст Д.В. Новый подход к устройству систем водяного отопления с промежуточным размещением источника теплоты // Научный вестник строительства. ХДТУБА ХОТВ АБУ. – № 60. – Харьков, – 2010. – 88–95. – С. 10. Петраш В.Д., Басіст Д.В. Энергоэффективность двотрубных систем опалення з проміжною розводкою магістралей // Наукові праці, Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – № 55. – Львів. – 2011. – С. 211–220.

УДК 619.014.4

О.В. Петренко, М.В. Гоголь

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельного виробництва

## НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗГИНАНИХ КОМПЛЕКСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Петренко О.В., Гоголь М.В., 2013

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено збільшення несучої здатності сталевих згинаних тонкостінних холодногнутих елементів завдяки їхній сумісній роботі з плитною неметалевою обшивкою у складі комплексних конструкцій, що дає можливість розширення галузі їх застосування не лише як огорожувальних, але і як несучих конструкцій.

**Ключові слова:** комплексна конструкція, несуча здатність.

**Grounded an application of existent methods of terms determination for providing of firmness of the compressed non-metal edging for curved complex framed constructions with the steel thin-walled cold-formed elements to framework. Depending on mechanical characteristics and geometrical parameters of edging, and also method of loading application, the minimum limit edging thickness is determined from the condition of its firmness providing.**

**Key words:** firmness, complex framed.

**Вступ.** Згинані комплексні каркасно-обшивні конструкції з сталевими тонкостінними холодногнутими елементами (ТГЕ) каркасу та плитною неметалевою обшивкою успішно застосовують у будівництві та реконструкції промислових та цивільних будинків у вигляді огорожувальних конструкцій завдяки їхнім високим техніко-економічним показникам [1]. Забезпечення сумісної роботи елементів каркасу та обшивки дають змогу підвищити несучу здатність комплексних конструкцій. Завдяки цьому розшириться галузь застосування таких конструкцій.

**Аналіз досліджень та постановка проблеми.** В існуючих методиках розрахунку згинаних сталевих тонкостінних холодногнутих елементів [2,3,4] вплив обшивки обмежується роботою обшивки як в'язі від втрати загальної стійкості елементів каркасу. У такому разі позитивний ефект від сумісної роботи сталевих ТГЕ каркасу з обшивкою не враховується. Для врахування цього позитивного ефекту необхідно забезпечити сумісну роботу сталевих елементів каркасу і

неметалевої обшивки. Відсутність методики розрахунку комплексних конструкцій із сталевих ТГЕ каркасу та плитної неметалевої обшивки викликала необхідність розробити таку методику [5]. У розробленій методиці застосовуються положення, характерні для розрахунку згинаних комплексних конструкцій, переріз яких складений по висоті з різних за фізико-механічними параметрами та геометричними характеристиками матеріалів.

Стиснута обшивка працює сумісно з елементами каркасу і сприймає стискаючі зусилля від згинального моменту, сталеві елементи каркасу – згинальний момент та поперечну силу. Внаслідок наявності стиків і незначної міцності на розтяг сумісною роботою розтягнутої обшивки нехтуємо.

Розрахунковий переріз комплексної конструкції приймається з елементів каркасу та стиснутої обшивки. Розрахунок конструкції проводиться за геометричними та фізико-механічними параметрами, приведеними до матеріалу сталевих елементів каркасу. Приведення площі стиснутої обшивки здійснюється за формулою (1)

$$A_{обш}^{red} = A_{обш} k_b k_g k_{nod} k_{кор}, \quad (1)$$

де  $A_{обш}$  – геометрична площа обшивки, що припадає на один елемент каркасу;  $k_b$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу напружень по ширині і товщині обшивки;  $k_g$  – коеф. приведення, що враховує відмінність модулів пружності неметалевої обшивки  $E_{обш}$  та сталевих елементів каркасу  $E_{стали}$ , визначається за (2)

$$k_g = \frac{E_{обш}}{E_{стали}}, \quad (2)$$

$k_{кор}$  – коефіцієнт, що враховує збільшення податливості з'єднання внаслідок корозії сталевих елементів [6];  $k_{nod}$  – коеф. податливості, що враховує відносні деформації зсуву, які виникають між обшивкою і каркасом внаслідок податливості з'єднань [7], (3).

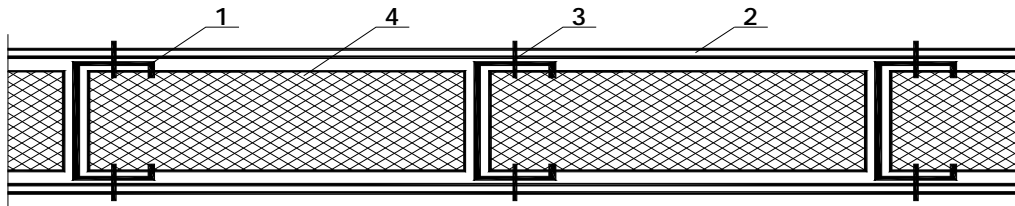
$$k_{nod} = \frac{D - \Delta_1}{D}, \quad (3)$$

де  $\Delta_1$  – максимальні деформації обшивки за заданої податливості з'єднань,  $\Delta$  – максимальні деформації стисненої обшивки за нульової податливості з'єднань.

У розрахунковому перерізі комплексної конструкції враховується також зменшення поперечного перерізу тонкостінного елемента каркасу внаслідок місцевої втрати стійкості стиснутої полиці. Теоретичні та експериментальні дослідження показують, що внаслідок сумісної роботи нормальні напруження в стиснутій полиці та стінці сталевих елементів зменшуються. В результаті проведеної оптимізації ширини та гнучкості стисненої полиці елемента каркасу [8] визначено, що область оптимальної гнучкості знаходиться в межах від 40 до 60, тоді як для елемента, що окремо працює, ці значення становлять від 20 до 40 [9]. Таке підвищення оптимальних значень гнучкості дає змогу проектувати елементи каркасу зі збільшеною шириною стисненої полиці за заданої товщини та з обмеженою технологією виготовлення. Отже, сумісна робота обшивки і тонкостінного каркасу дає можливість підвищити несучу здатність комплексної конструкції не лише внаслідок приєднання в роботу обшивки, але також завдяки можливості застосування потужнішого сталевих тонкостінного холодногнутого елемента без збільшення товщини заготовки.

Метою дослідження є експериментальне дослідження несучої здатності комплексної конструкції із сталевим ТГЕ каркасу та плитною неметалевою обшивкою, порівняння теоретичних і експериментальних значень прогинів комплексних конструкцій та окремо працюючого сталевих ТГЕ, а також визначення можливості розширення області застосування сталевих ТГЕ не лише для огорожувальних, але і для несучих згинаних конструкцій.

**Методика досліджень.** Випробування натурних зразків згинаних комплексних конструкцій проводилось з використанням навантажувального пристрою, наведеного на рис. 1 [10].



*Рис. 1. Загальний вигляд комплексної конструкції*

Несучими сталевими елементами натурних зразків комплексних конструкцій слугували ТГЕ С90×80×20×1 виготовлені на профілезагинальному пресі потужністю 400 кН. Ширина стисненої полиці ТГЕ була прийнята відповідно до визначених у [8] оптимальних значень гнучкості: для С-подібного ТГЕ  $b = 80$  мм. Висота перерізу ТГЕ була прийнята аналогічною для типових профілів [9]  $h = 90$  мм; ширина крайового загину була прийнята 20 мм з умов виготовлення на стандартному обладнанні профілезагинального преса. Довжина зразків становила 2,0 м, проліт 1,9 м.

Обшивка була прийнята з двох шарів вологостійкої гіпсокартонної плити товщиною 12,5 мм. Кріплення обшивки до сталевих елементів було прийняте самопросвердлювальними шурупами 3,5×25 мм. Крок елементів з'єднання становив на приопорних ділянках – 50 мм, в середній частині прольоту – 200 мм.

Навантаження прикладалось у третинах прольоту.

Вертикальні переміщення (прогини) визначались за допомогою індикаторів годинникового типу ИЧ-0.01, нерухомо закріплених на незалежних опорах у середині прольоту та біля опор зразків. Переміщення обшивки відносно сталевих ТГЕ визначались за допомогою індикаторів ИЧ-0.001, нерухомо закріплених в опорних зонах на обшивці за допомогою спеціально сконструйованих пристосувань. З метою визначення нормальних напружень у сталевому елементі та обшивці проводились заміри деформації за допомогою тензорезистивних давачів на основі 20 мм з використанням приладу АИД-4.

**Результати досліджень.** Результати експериментальних досліджень засвідчили, що для сталевих ТГЕ, який окремо працює, пропорційність прогинів спостерігається до навантаження 1 кН, що становить 55 % від руйнівного. Після чого із збільшенням навантаження прогини зростають непропорційно, в середній частині та приопорних зонах спостерігається депланація перерізу. У разі досягнення значень навантаження 1,75 кН відбулось руйнування зразка – у місцях прикладення навантаження спостерігалось випучування стиснутої полиці та зминання стінки.

Для комплексної конструкції прогини були пропорційними до навантаження 2,0 кН, що становило 70 % від руйнівного. Після того відбувались взаємні деформації зсуву елементів каркасу і обшивки. Із досягненням навантажень 2,5 кН (85 % від руйнівного) деформації зсуву в приопорних ділянках припинились, натомість почала відбуватись депланація перерізів у місцях прикладення навантажень та у центральній зоні. Подальше підвищення навантажень спричинило випучування полиць та зминання стінок у місцях прикладення навантажень.

На графіках (рис. 2) наведено залежності прогинів від навантаження сталевих ТГЕ, який окремо працює, та комплексної конструкції із ТГЕ та плитної неметалевої обшивки.

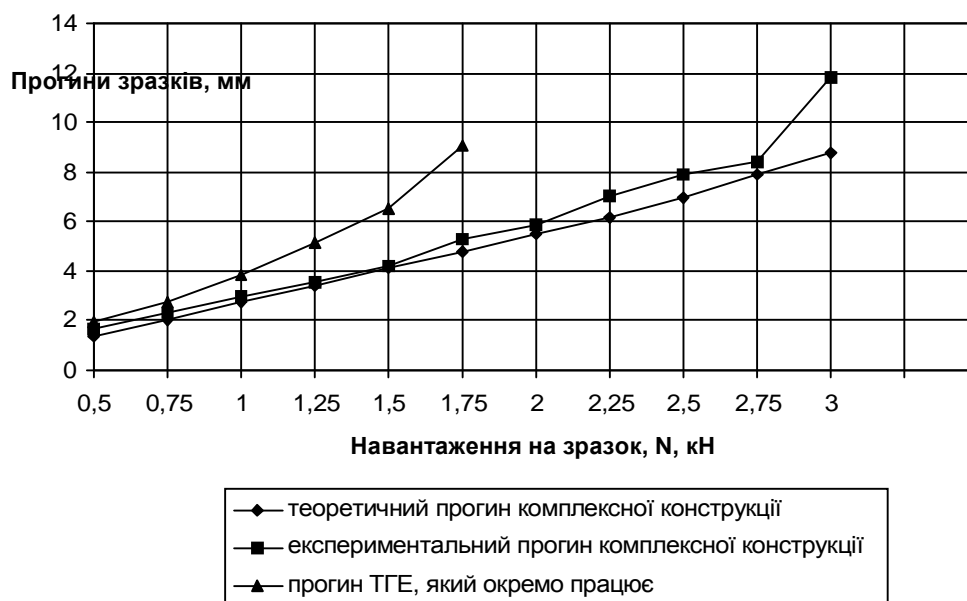


Рис.2. Залежність прогинів від навантаження сталевого ТБЕ, який окремо працює, а також комплексної конструкції із ТБЕ та плитної неметалевої обшивки

**Висновки.** 1. Порівняно з сталевим ТБЕ, який окремо працює, завдяки сумісній роботі каркасу та неметалевої обшивки зростає несуча здатність згинаних комплексних каркасно-обшивних конструкцій від 1,75 кН до 3,0 кН, тобто на 60 %.

2. Особливості руйнування комплексної конструкції аналогічні до руйнування сталевого ТБЕ, який окремо працює. Із досягненням значень критичних напружень місцевої втрати стійкості стисненої полиці та стінки відбувається депланація перерізу з подальшим випучуванням полиці та зминанням стінки.

3. Характеристика роботи з'єднань показує, що за достатньої несучої здатності та кроку елементів з'єднання у припорних ділянках відбувається сумісна робота обшивки і каркасу.

4. Характер роботи стисненої обшивки доводить, що обшивка має достатні геометричні характеристики та фізико-механічні параметри для суттєвого підвищення несучої здатності комплексної конструкції. Міцність обшивки достатня для забезпечення достатньо низької податливості з'єднань у припорних ділянках. Крім того, обшивка виконує роль в'язі від втрати загальної стійкості елемента каркасу в середній частині прольоту.

5. Істотне підвищення несучої здатності комплексних конструкцій порівняно з елементами, які окремо працюють, створює передумови для розширення галузі застосування таких конструкцій не лише як огорожувальних, але і як несучих конструкцій.

1. Гоголь М.В., Петренко О.В. Підвищення ефективності роботи сталевих тонкостінних холодногнутих елементів у цивільному будівництві // Вісник № 360 Держ. ун-ту "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – Львів. – 1998 – С. 47–52. 2. Повышение эффективности металлических и деревопластмассовых конструкций. Под ред. М.М. Жербина. – К.: Будівельник, 1978. – 144 с. 3. Стальные складчатые конструкции в строительстве / Я. Брудка, Р. Гарнцарек, К. Милачевски; Пер. с пол. Л.Б. Шаринова. – К.: Будивельник, 1989. – 152 с.; ил. 4. Брудка Я., Любиньски М. Легкие стальные конструкции (пер.с польского). – М.: Стройиздат, 1974. – 341 с. 5. Гоголь М.В., Петренко О.В. Особливості методів розрахунку сталевих тонкостінних холодногнутих елементів згинаних комплексних конструкцій // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. Львів. – 2000. – С. 126–132. 6. Галактионов А.В. Обеспечение технологичности и долговечности ограждающих конструкций покрытий промышленных зданий при реконструкции: Дис...канд. техн. наук. – Макеевка, 1996, –

242 с. 7. Гоголь М.В., Петренко О.В. Вплив податливості з'єднань на несучу здатність та деформативність комплексних конструкцій // Вісник Держ. Ун-ту "Львівська політехніка". Архітектура. Львів. – 2000. – С. 78–84. 8. Гоголь М.В., Пелешко І.Д., Петренко О.В., Юрченко В.В. Оптиміальне проектування згинаних тонкостінних холодногнутих елементів С-подібного перерізу // Вісник № 360 Держ. Ун-ту "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. Львів. – 1998. – С. 42–47. 9. Kylmämääräiset profiilit. Suunnittelu ja käyttö. Rautaruukki Oy Raahen. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. 1987. – 248 s 10. Гоголь М.В., Петренко О.В. Експериментальні дослідження згинаних комплексних конструкцій каркасно-обшивного типу // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. Вип. 4. – Рівне: Рівненський ДТУ 2000. – С. 154–161.

УДК 614.833

А.П. Половко

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ СПОСОБОМ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗА ОЗНАКОЮ ВТРАТИ ТЕПЛОІЗОЛЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ БАГАТОШАРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Половко А.П., 2012

**Подано експериментальну методику визначення межі вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності багатошарових огорожувальних конструкцій.**

**Ключові слова:** багатошарова огорожувальна конструкція, теплоізолювальна здатність, вогнестійкість.

**The experimental method for determining of fire endurance on the grounds of loss of heat-insulating ability of multilayered building envelopes is presented.**

**Key words:** multilayered building envelope, heat-insulating ability, fire resistance.

**Вступ.** Впровадження будь-яких прогресивних технологій у будівництві повинно передбачати збереження конструкцій в умовах пожежі відповідно до чинних норм.

У багатьох країнах, зокрема в Україні, докладно розроблені норми проектування житлових і громадських будівель та споруд.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Протипожежне нормування в будівництві поділене на такі розділи: вогнестійкість будівель, протипожежні перешкоди, протидимний захист, протипожежні вимоги під час внутрішнього та генерального планування будинків, евакуація людей, протипожежне водопостачання і протипожежні вимоги до систем вентиляції та опалення [1].

Відповідно до наведеної класифікації розділів протипожежного нормування в статті розглядається тільки вогнестійкість будівель, а саме методики визначення межі вогнестійкості конструкцій.

Під поняттям межі вогнестійкості будівельних конструкцій розуміють їх властивість зберігати несучу та теплоізоляційну здатність і цілісність в умовах пожежі упродовж певного часу [1].

Межею вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності конструкції – (R) у разі пожежі вважається її руйнування, або досягнення нею граничних деформацій.

Межею вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності конструкції – (I) у разі пожежі розуміють прогрівання її на протилежній стороні до температур  $T_{кр}$ , перевищення яких може викликати самозаймання речовин та матеріалів, що знаходяться в суміжних приміщеннях.